



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**MODELO DE GENERACIÓN DE VIAJES
DE LA CIUDAD DE SANTANDER
UTILIZANDO TÉCNICAS DE ELECCIÓN
DISCRETA**

**TRIP GENERATION MODEL OF THE
CITY OF SANTANDER USING
DISCRETE CHOICE TECHNIQUES**

Trabajo realizado por:

Cristian Cueto Anuarbe

Dirigido:

Luigi dell'Olio

Rubén Cordera Piñera

Titulación:

**Máster Universitario en Ingeniería
de Caminos, Canales y Puertos**

Santander, octubre de 2016

TRABAJO FINAL DE MASTER

Resumen

Palabras Clave:

- Modelos de elección discreta
- Logit Multinomial
- Generación de viajes
- Encuesta de preferencias reveladas
- Grupos focales
- Mega grupos focales

Resumen

El número de viajes generado diariamente por la población de una determinada ciudad es un valor difícil de determinar correlacionado con múltiples factores. Aún más difícil es predecirlo en escenarios futuros en los que cambien las características del sistema urbano. Sin embargo, es necesario hacer previsiones de cara a evaluar la evolución de la demanda ante distintos escenarios. Imaginemos que pudiésemos predecir como variaría el número de viajes que realiza diariamente un individuo en función de las características asociadas tanto al usuario como al entorno en el que se encuentra. Esto significaría disponer de una herramienta para la toma de decisiones de gran valor en el ámbito de la ingeniería del transporte.

El Objetivo de este Trabajo Fin de Master se centra precisamente en predecir el número de viajes generados diariamente por la población de una determinada ciudad en función de las variables más relevantes. Para ello, se han realizado una serie de encuestas en distintos hogares del área de estudio con el objetivo de recopilar los datos necesarios para la correcta estimación de los modelos que relacionan distintas características con la probabilidad de realizar uno o más viajes.

El aporte principal de este trabajo reside en la obtención de un modelo de generación de viajes de fácil aplicación al tiempo que arroja resultados bien ajustados a la información muestreada. Para las encuestas de generación de viajes, basadas en preferencias reveladas, se ha partido de un cuestionario de diario de viajes, donde cada individuo de los hogares tenía que listar de forma detallada sus viajes realizados, el motivo del viaje así como la hora de inicio/fin del desplazamiento.

Partiendo de los datos obtenidos, se han creado cuatro nuevos modelos de previsión basados en modelos de elección discreta, y más concretamente en modelos Logit Multinomial. Con estos modelos se consigue establecer la conexión entre los atributos tanto del usuario como de los viajes con la generación de viajes. Además tanto en las encuestas como en los modelos, se representan los diferentes tipos de usuarios existentes mediante unas variables de caracterización previamente establecidas.

La validez y la utilidad de la metodología y los modelos se han comprobado mediante el caso práctico realizado en la Ciudad de Santander, el cual se expone en

este trabajo. Concretamente, el modelo de generación de viajes elegido, se ha aplicado a dos escenarios asociados a cambios demográficos en la población planteados para los años 2020 y 2025.

Las conclusiones obtenidas mediante la realización de este trabajo pueden agruparse en tres apartados. Por una parte, las conclusiones obtenidas a cerca de la movilidad diaria en la ciudad de Santander, de acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta de preferencias reveladas. En segundo lugar, se encuentran las conclusiones referentes a los modelos Logit Multinomial calculados. Y, por último, las conclusiones relativas a la simulación de los escenarios planteados.

Encuesta de Caracterización de la Movilidad Diaria:

- Mediante el sistema de encuestas realizado, se ha podido recopilar una gran cantidad de datos. Los sistemas clave para conseguir una base de datos tan amplia han consistido, en primer lugar, en la realización de grupos focales, consiguiendo determinar las variables más importantes para los usuarios de forma rápida y eficaz. En segundo lugar, implementar una encuesta adaptada a la realidad existente.
- Con los datos obtenidos, se puede establecer que existen infinidad de variables que influyen en la movilidad de la población de una ciudad, representando un campo de estudio importante.

Modelos Logit Multinomial:

- Los modelos estimados en este trabajo han mostrado un ajuste a los datos de la encuesta considerable teniendo en cuenta que se trata de modelos de generación (primera fase del modelo de 4 etapas). Cabe destacar que se ha conseguido mejorar el modelo inicial implementando de forma gradual todos los datos obtenidos mediante las encuestas. Además, al considerar tanto las variables de caracterización de los usuarios como las variables de caracterización de los viajes de los hogares, se consigue mejorar la tasa de aciertos de las predicciones del modelo. Igualmente, a medida que introducimos un mayor número de variables de caracterización del usuario debidamente estructuradas en las funciones de utilidad del modelo se logran niveles de ajuste más elevados.

Simulación de Escenarios:

- Los escenarios de simulación están sujetos a la veracidad del modelo y de los datos de partida, por ello es fundamental la correcta recogida de información y la obtención de un modelo correcto en cuanto a los signos de los parámetros, la significatividad estadística de las variables y la bondad de ajuste a los datos. El momento en el que se desea realizar la predicción de viajes generados está asociado tanto al

momento en el que se han recogido los datos que han permitido definir el modelo como a la capacidad de predecir el valor futuro de determinadas variables. Por ello, el escenario de simulación no puede prolongarse excesivamente en el tiempo, dado que los valores futuros de dichas variables van a estar dotados de un error importante, derivando en errores en las predicciones realizadas por el modelo.

- La población existente en la ciudad en el momento de la simulación influye notablemente en los resultados de viajes generados arrojados por el modelo.

Por último, comentar que, la metodología ideada para la realización de este proyecto, tanto para la creación y realización de las encuestas, como para el cálculo de los modelos, ofrece unas amplias posibilidades de futuras investigaciones, las cuales se comentan en la última parte del trabajo.

Abstract

Keywords:

- Discrete choice model
- Multinomial Logit
- Trip generation
- Revealed preference survey
- Focal Groups
- Mega Focal Groups

Abstract

The number of trips generated daily by the population of a given city is a difficult value to determine correlated with multiple factors. Even harder it's to predict future scenarios that change the characteristics of the urban system. However, it is necessary to make forecasts for evaluate the evolution of demand in different settings. Imagine that we could predict how vary the number of trips made by a guy in terms of the characteristics associated with both the user and the environment in which it is daily. This would mean having a tool for decision making of great value in the field of transport engineering.

The objective of this work is precisely predict the number of trips generated daily by the population of a given city based on the most relevant variables. For that, some surveys have been achieved in different households in the study area in order to obtain the necessary data for the correct estimation of the models that relate different characteristics with the probability of making one or more trips.

The main output of this work resides in obtaining a travel generation model easy to implement while it is providing results according to the sampled information. For surveys trip generation, we have taken as a reference a travel diary questionnaire, where each individual household had to list detailed description of their trips, the reason for the trip and the start / end of the shift.

Based on the data obtained, we have created four new forecasting models based on discrete choice models, and more specifically in Multinomial. With these models is achieved by establishing the connection between the attributes of both the user and trips with the trip generation. In addition both in the surveys and models, different types of existing users through a previously established characterization variables are represented.

The validity and usefulness of the methodology and models have been tested by the practical case conducted in the city of Santander, which is discussed in this work. In particular, the trip generation model chosen, has been applied to two scenarios associated with demographic changes in the population set for the years 2020 and 2025.

The conclusions obtained by performing this work can be grouped into three sections. First, the conclusions reached about the daily mobility in the city of Santander, according to the results of the revealed preferences survey. Second, are

the conclusions on the Multinomial Logit models calculated. And finally, the conclusions concerning the simulation of the proposed scenarios.

Characterization Survey of Daily Mobility:

- Through surveys conducted system we have been able to collect a lot of data. The key systems to achieving as extensive data base have consisted, first, in conducting focus groups, getting determine the most important variables to users, quickly and efficiently. Second, implement a survey adapted to the existing reality.
- With the data obtained, we can determine that there are plenty of variables that influence the mobility of the population of a city, representing an important field of study.

Multinomial Logit Models:

- The models estimated in this work have shown an considerable adjustment to survey data taking into account that it is generation models (phase 4-stage model). Notably it has managed to improve the initial model gradually implementing all data obtained through surveys. Moreover, considering both variables characterization of users and variables characterizing household travel, is improved hit rate of the model predictions. Similarly, at the same time that we introduce more user characterization variables properly structured into the utility functions of the model, higher levels of adjustment are achieved.

Simulation of Stages:

- Scenarios of Simulation are subject to the accuracy of model and input data, therefore it is essential the correct information gathering and obtaining a correct model as to the signs of the parameters, the statistical significance of the variables and the goodness of fit to the data. The moment you want to make the generated travel prediction is associated both at the time in which data have been collected that have defined the model and the ability to predict the future value of certain variables. Therefore, the simulation scenario can not be prolonged excessively over time, since the future values of these variables will be provided with a major error, leading to errors in predictions made by the model.
- The existing population in the city at the time of the simulation greatly influences into the results thrown trips generated by the model.

Finally, commenting that the methodology developed for this project, both for the creation and implementation of surveys as to calculate models, offers wide possibilities of future research, which are discussed in the last part from work.



Agradecimientos

Antes de todo, me gustaría dedicar estas palabras de agradecimiento a mis directores de proyecto, Dr. Luigi dell'Olio y Dr. Rubén Cordera Piñera, por el apoyo incondicional que me han prestado en todo el proceso de realización de este trabajo final de master, así como por los numerosos y valiosos conocimientos que me han aportado. De la misma manera mi máxima gratitud a Dr. Ángel Ibeas, Dr. Borja Alonso y Dr. José Luis Moura por permitirme realizar mis primeras incursiones en el mundo de la investigación y en el mundo de los sistemas de transporte, formando parte del GIST (Grupo de Investigación de sistemas de Transporte).

Gracias a todos mis compañeros del Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte, Roberto Sañudo, Rosa Barreda, Gonzalo Antolín, Alexandre Ayayi, Cesar Canales, Eneko Echeaiz, Sara Ezquerro, Hugo González, Andrés Rodríguez, Mikel Cerrada, Juan Benavente, Javier Fernández y Álvaro Landeras, por compartir conmigo tanto sus conocimientos en los distintos campos necesarios para desarrollar este proyecto como su apoyo en todo momento. Os merecéis que todos vuestros nombres estén escritos, aunque tenga que ser en este pequeño párrafo, dejando constancia de que también formáis parte de este trabajo.

Por último y no por ello menos importante, agradecer a todos mis familiares y amigos su apoyo en todo momento, especialmente en esos momentos en los que se necesita de los seres queridos para seguir adelante. A mis padres, porque gracias a ellos soy quien soy. A mis abuelos, porque me hubiese gustado que todos ellos hubiesen podido participar de todo esto.

Sin todos vosotros es no podría haber sido posible.

A todos vosotros.

GRACIAS



Índice de contenido

Índice de Ilustraciones	11
Índice de Tablas	12
1. Introducción	13
1.1. Objetivos.....	14
1.2. Estructura del Trabajo	15
2. Estado del Arte.....	17
2.1. Los Modelos y su Función.....	17
2.2. Modelos de Generación	19
2.2.1. Definiciones Básicas	19
2.2.2. Variables Explicativas de la Generación de Viajes	22
2.2.3. Clasificación de los Viajes	24
2.2.4. Factores que Afectan a la Generación de Viajes	25
2.2.5. Método del Factor de Crecimiento	26
2.2.6. El Problema de la No Linealidad.....	27
2.3. Modelos de Elección Discreta	28
2.3.1. Marco Teórico de Referencia	32
2.3.2. Determinación del Conjunto de Elección.....	34
2.3.3. Especificación y Forma Funcional.....	36
3. Información Previa y Metodología	38
3.1. Datos Iniciales.....	38
3.2. Metodología	38
3.2.1. Encuesta Domiciliaria de Preferencias Reveladas.....	38
3.2.2. Modelos de Elección Discreta	41
3.2.3. Estimación Estadística de Modelos a partir de Muestras Aleatorias...	45
3.2.4. Modelo Logit Multinomial.....	49
4. Aplicación Práctica	52
4.1. Introducción	52
4.1.1. Descripción del caso de estudio	52
4.2. Recolección de Datos	57
4.2.1. Introducción	57
4.2.2. Tamaño Muestral	59
4.2.3. Diseño de la Encuesta.....	60



4.3. Análisis estadístico de los resultados obtenidos.....	67
4.3.1. Caracterización del usuario	67
4.3.2. Caracterización de los viajes	75
4.4. Modelos de Viajes	79
4.4.1. Consideraciones Generales	79
4.4.2. Modelo 1	82
4.4.3. Modelo 2	83
4.4.4. Modelo 3	86
4.4.5. Modelo 4	88
4.5. Escenarios	89
4.5.1. Escenario 2020	94
4.5.2. Escenario 2025	95
5. Conclusiones Finales y Líneas de Investigación Futura	97
5.1. Conclusiones Finales.....	97
5.2. Líneas de Investigación Futura	99
6. Referencias.....	101

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Modelo Clásico de Transporte de Cuatro Etapas	14
Ilustración 2 - Producción y atracción de viajes	20
Ilustración 3 - Producción y atracción de viajes	28
Ilustración 4 - Ejemplo de Falacia Ecológica	31
Ilustración 5 - Representación gráfica de la relación entre pseudo-R2 y R2 lineal... ..	49
Ilustración 6 - Mapa de situación, Santander	52
Ilustración 7 - Mapa de pendientes de Santander	53
Ilustración 8 - Mapa de densidad de población	54
Ilustración 9 - Gráfica de evolución de la población en Santander.....	55
Ilustración 10 - Mapa de la red de transporte de Santander	56
Ilustración 11 - Mapa de localización de las paradas del TUS.....	57
Ilustración 12 - Representación de los códigos postales de la ciudad de Santander	58
Ilustración 13 - Distribución de códigos postales de los hogares encuestados	59
Ilustración 14 - Diseño de cuestionario de Encuesta Domiciliaria de Movilidad 2015	61
Ilustración 15 - Variables definitivas	66
Ilustración 16 - Distribución por Sexo	67
Ilustración 17 - Distribución por Edades	68
Ilustración 18 - Distribución por tipología familiar de los encuestados.....	69
Ilustración 19 - Distribución por nivel de estudios de los encuestados	70
Ilustración 20 - Distribución por jornada laboral de los empleados (%)	71
Ilustración 21 - Distribución por Estado Laboral	71
Ilustración 22 - Distribución en % del nivel de ingreso de los encuestados	72
Ilustración 23 - Distribución de Carnet de Conducir	73
Ilustración 24 - Distribución de Posesión de Vehículo Propio	73
Ilustración 25 - Distribución por posesión de abono TUS de los encuestados	74
Ilustración 26 - Número de viajes totales realizados por modo de transporte	76
Ilustración 27 - % de viajes totales realizados por modo de transporte	76
Ilustración 28 - Gráfico de evolución del % de población	92
Ilustración 29 - Gráfico de evolución del % de población de edad	92
Ilustración 30 - Gráfico de evolución del % de población de edad	93
Ilustración 31 - Gráfico de evolución de la población en Santander	94



Índice de Tablas

Tabla 1 - Casos de selección de variables	47
Tabla 2 - Población Santander	55
Tabla 3 - Resumen Encuestas	59
Tabla 4 - Número de viajes por modos de transporte	76
Tabla 5 - Resumen del reparto modal de los encuestados	78
Tabla 6 - Reparto modal de los encuestados en viajes interurbanos	78
Tabla 7 - Descripción de las variables contenidas en la base de datos	81
Tabla 8 - Resultados del Modelo 1	82
Tabla 9 - Resultados del Modelo 2	84
Tabla 10 - Resultados del Modelo 3	86
Tabla 11 - Resultados del Modelo 4	88
Tabla 12 - Resultados del Modelo 2 adaptado para la simulación	91
Tabla 13 - Población de Santander.....	94
Tabla 14 - % de distribución de la población de Santander en los intervalos de edad	94
Tabla 15 - Resultados de la simulación para el Escenario 2020.....	95
Tabla 16 - % de distribución de la población de Santander en los intervalos de edad	96
Tabla 17 - Resultados de la simulación para el Escenario 2025.....	96



1. Introducción

Los cambios acontecidos en las últimas décadas en el mundo han influenciado, como no podía ser de otra forma, al transporte. Esto ha hecho que muchos de los problemas del pasado no sólo se perpetúen, sino que alguno de ellos ha incrementado su influencia. Parte de ellos son, por ejemplo, la contaminación, los accidentes o el déficit financiero que desarrollan las empresas de transporte público, erigiéndose como nuevos desafíos que es necesario resolver para alcanzar un entorno de movilidad sostenible.

Nuestra historia proviene de un periodo en el que no se ha utilizado o si se ha hecho, sólo de forma escasa, la planificación, la inversión, el hincapié en el corto plazo, es decir, la falta de confianza en la modelización y en la toma de decisiones de forma estratégica. Todo esto ha producido una serie de aprendizajes como, por ejemplo, que con la simple aplicación de mejores técnicas de gestión de tráfico no se solucionan los problemas básicos anteriormente enumerados, además tienden a reaparecer con más fuerza extendiéndose en zonas más amplias y con formas más complicadas y difíciles de manejar.

Actualmente, dentro del mundo desarrollado, se está invirtiendo más confianza en las propuestas técnicas para resolver los problemas que en décadas pasadas. También teniendo en cuenta que la tecnología no nos suministra soluciones mágicas para los problemas sociales y económicos. No obstante, la informática y la electrónica debido a sus avances nos han posibilitado toda una serie de nuevas formas de infraestructura del transporte como son los sistemas guiados automáticos y de los sistemas de movimiento con los sistemas de navegación vial y trenes completamente automatizados. Son también de gran interés los avances conseguidos en la informática de bajo coste, tanto el software como sobre todo el hardware. Esto produce la situación de que las limitaciones más importantes las producen el lado humano y técnico.

En el caso de la mayoría de los países en desarrollo también encontramos graves situaciones de congestión y contaminación urbana, además de un problema con el transporte de carácter generalizado. Son problemas no sólo derivados de las conexiones entre núcleos rurales y los mercados, sino que también se manifiestan aquellos que son típicos de los países industrializados. Sin embargo, como estos países tienen características diferentes demandan tratamientos distintos debido a sus ingresos bajos, crecimiento rápido, etc.

Es necesario resaltar finalmente que la modelización del transporte no es la planificación del transporte sino una herramienta que nos ayuda a tomar decisiones sobre esta actividad, aunque en ciertas ocasiones puede adquirir un rol de gran importancia, pero no definitivo.

Los modelos de generación de viajes tienen un peso importante en la planificación del transporte ya que son la primera etapa del modelo clásico.

En la figura siguiente, podemos observar de forma genérica el espacio o posición que ocupa la generación dentro del modelo clásico de cuatro etapas del



transporte, de manera que podamos hacernos la idea de cuánto de importante es el modelo de generación en la planificación global del transporte.

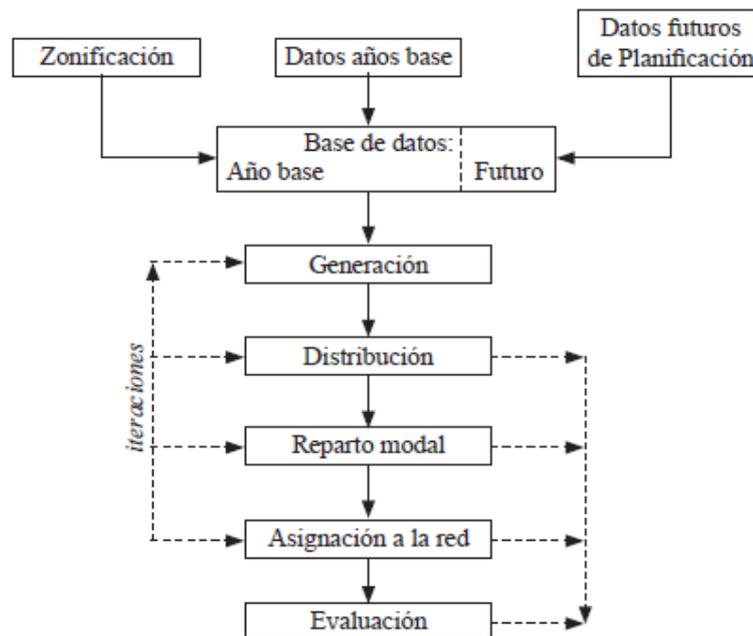


Ilustración 1– Modelo Clásico de Transporte de Cuatro Etapas (Fuente: Ortúzar, Juan de Dios y Willumsen. L.G. (2001). *Modelling Transport*, 3rd ed. Wiley, Chichester.)

Los modelos sintéticos han sido desarrollados en la hipótesis de que cada viaje tuviera una producción y una atracción como fin. Los modelos esencialmente, ligan o relacionan las generaciones a las atracciones. En el caso de los viajes HB, la generación siempre es el hogar. Sin embargo, el origen de dichos viajes, sólo es el hogar para los viajes hacia el lugar de trabajo (o el lugar de estudio o de compras, etc.), pero en el viaje de regreso el hogar es ahora el destino del viaje (Ortuzar & Willumsen, 2001).

Los modelos de generación de viajes pueden considerar una desagregación más detallada, debido a que los viajes basados en el hogar de ida, retorno o no basados en el hogar, tienen normalmente variables explicativas distintas.

En este estudio se construyeron, entre muchas otras cosas, los modelos para los vectores de generación de viajes para Santander (España), para ello en primer lugar se realizaron encuestas domiciliarias para contar con datos zonales. Se han calibrado diferentes modelos en función de las variables más significativas obtenidas previamente y tras un estudio más profundo del estado de arte que nos permita tanto mejorar la calidad como un buen desarrollo del presente trabajo.

1.1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es proponer, desarrollar, analizar e implementar una metodología que permita modelizar, calibrar y obtener modelos más precisos de generación de viajes.



Para definir la generación de viajes se definirán las variables más relevantes y la importancia que cada usuario les da frente a las demás, de esta forma, se perseguirá la consecución de un modelo lo más próximo a la realidad posible.

En particular, los objetivos específicos de este trabajo residen en:

- Establecer una metodología de elección de variables relevantes para la generación de viajes por parte del usuario.
- Profundizar en los modelos de elección discreta, para establecer una metodología que permita la predicción de los viajes generados.
- Finalmente, los modelos son aplicados al área metropolitana de Santander (España) con el objetivo de obtener modelos de Generación viajes en dicha ciudad. Se plantea realizar dos simulaciones para dos escenarios planteados para los años 2020 y 2025, analizando los resultados obtenidos con los modelos definidos previamente.

1.2. Estructura del Trabajo

El presente trabajo se divide en 6 apartados, a lo largo de los cuales se profundiza en los temas anteriormente mencionados.

En el presente capítulo, se realiza una breve introducción al problema planteado, así como una descripción de los objetivos y los antecedentes.

El segundo capítulo está destinado al proceso de recopilación de información realizado para el desarrollo de este trabajo, donde se ha analizado la bibliografía existente tanto nacional como internacional, definiendo un completo Estado del Arte.

En el Tercer capítulo, se describe la información de partida con la que se ha contado a la hora de realizar el proyecto. Además, se desarrollan todas las metodologías utilizadas para la realización del proyecto, desde la metodología para la creación de las encuestas domiciliarias hasta toda la base teórica y metodológica necesaria para entender todo el proceso de modelado realizado.

En el cuarto capítulo, se lleva a cabo la descripción del área de estudio. Además, es en este capítulo donde se presenta el grueso del proyecto, la aplicación práctica realizada, donde, valga la redundancia, se ha puesto en práctica toda la metodología expuesta en el capítulo anterior. Por último, se comentan los resultados obtenidos evaluando su consistencia y veracidad.

El quinto apartado está reservado para las conclusiones generales del proyecto, en donde se discuten las conclusiones obtenidas para la metodología aplicada, con intención de criticar los errores cometidos y proponer soluciones, y para los resultados obtenidos en el caso práctico. En este apartado también se incluyen las futuras líneas de investigación.



En el sexto y último apartado es donde se deja constancia de las referencias consultadas a lo largo del desarrollo de este Trabajo Final de Master.



2. Estado del Arte

2.1. Los Modelos y su Forma Funcional

En resumen, un modelo es una representación simplificada de la realidad (sistema de interés). Consiste en una abstracción con el objetivo de obtener una mayor claridad desde el punto conceptual de la realidad, haciendo que tanto su variedad como la complejidad de niveles se reduzcan para que pueda ser comprendida y especificada para su posterior análisis. Generalmente, el modelo expresa de una forma sencilla las características más relevantes del fenómeno o situación real.

Considerando lo escrito anteriormente, debemos diferenciar entre dos tipos de modelos, los abstractos y los físicos. En el primer caso podemos encontrar por ejemplo las maquetas arquitectónicas o los túneles de viento que están claramente limitados por las características del diseño. En el segundo grupo existen desde los modelos mentales, que son los que utilizamos en la vida diaria, hasta las representaciones formales y abstractas (comúnmente analíticas) de una cierta teoría de un sistema de interés que se esté tratando y de su funcionamiento (modelos abstractos). Los modelos mentales tienen una función muy importante no sólo para comprender e interpretar el mundo real sino en el análisis de los modelos analíticos utilizados en la planificación del transporte. Su implementación está basada en la participación en discusiones, nuevos conocimientos y, ante todo, la experiencia; de ahí que sea de especial complejidad la comunicación y validación de los mismos.

Los modelos que se presentan en este trabajo son de tipo abstracto, más concretamente se trata de modelos matemáticos que tienen como objetivo replicar el sistema de interés y su comportamiento con una serie de ecuaciones matemáticas que se apoyan en concretas hipótesis teóricas. Se trata de representaciones simplificadas, pero eso no impide que puedan ser complejos y que necesiten la utilización de cantidades enormes de datos. Son un elemento muy valioso ya que constituyen “un ámbito común” de discusión en políticas de intervención, dando así la posibilidad de examinar con cierta objetividad, hecho que es requerido por la experiencia. Además, los modelos matemáticos aportan otra importante ventaja, a través de su formulación, calibración y uso, se aprende mucho con la experimentación sobre el comportamiento y funcionamiento interno del sistema. Esto a su vez implementa los modelos mentales que pueden producir una más inteligente organización y gestión del sistema de transporte.

Un modelo es solamente una representación realista desde una perspectiva particular de la realidad. En el caso de los modelos analíticos su valor está limitado a un conjunto de problemas que están bajo ciertas condiciones específicas, por ello un modelo sólo es apropiado según el contexto donde se va a utilizar. La habilidad de elegir y adaptar los modelos a contextos específicos es uno de los elementos más importantes en el bagaje total del planificador.

Por ello es importante resaltar y tener en conciencia la contribución que la modelización del transporte puede proporcionar a la mejora de las decisiones en el



campo del transporte, sosteniendo no sólo que el uso de los modelos es inevitable, sino que el uso de modelos formales es altamente deseable.

La modelización del transporte es solamente una parte de la planificación. Los procedimientos administrativos, el marco institucional, profesionales expertos y con buen nivel de comunicación con quienes toman las decisiones, con los medios de comunicación y con el público, son los otros elementos que un sistema de planificación eficaz debe incluir. Por otro lado, la modelización del transporte y el proceso decisional pueden ser combinados de diferente forma, en función de la experiencia local, de sus tradiciones y competencias. Por tanto, antes de discutir cómo elegir un modelo y una aproximación a la planificación, merece la pena definir algunas de las características principales de los sistemas de transporte y de sus tópicos asociados, así como ilustrar algunos problemas importantes que se presentan en la modelización.

Los problemas asociados al transporte son ya más globales y serios que nunca, tanto en los países industrializados como en los que están en proceso de desarrollo. La escasez de combustibles líquidos puede no ser un problema serio en la actualidad. Sí lo son la congestión, el elevado consumo de tiempo, la accidentalidad y los consecuentes problemas medioambientales y de calentamiento global y más críticos hoy que nunca. Estos problemas no solamente se limitan al tráfico en las calles y/o carreteras o a los vehículos. El crecimiento económico parece haber generado una demanda tal que sobrepasa las capacidades de la mayoría de los sistemas de transporte. Asimismo, los largos períodos de limitada inversión en algunos modos de transporte y regiones, han dado como resultado que redes frágiles puedan colapsarse al menor incidente o variación en la demanda.

Probablemente estos problemas no van a desaparecer en un futuro próximo. Ha transcurrido tanto tiempo con poca o inadecuada planificación en el transporte que es seguro que hará falta un esfuerzo importante para mejorar la mayoría de los diversos modos de transporte, tanto en las zonas urbanas como interurbanas. Por lo tanto, dado que los recursos son limitados, dicho esfuerzo ha de ser realizado meticulosamente mediante decisiones cuidadosas orientadas hacia la maximización del beneficio de nuevos servicios de transporte, al mismo tiempo que se minimizan sus costes y efectos colaterales no deseados.

Antes de elegir un marco de modelización para un problema determinado, hay que identificar y definir el contexto relevante: país, gobierno o entidad determinada. También debe reconocerse que existen varios estilos de toma de decisiones en la práctica y que no todos ellos utilizan la modelización como herramienta básica.

Como comentábamos anteriormente, un modelo es simplemente una representación simplificada de la realidad desde una perspectiva particular. Los modelos, tal y como se citaba con anterioridad, solamente son apropiados dependiendo del contexto donde se valla a aplicar. La capacidad de elección y de adaptación de los modelos a un contexto concreto es uno de los elementos más importantes en el bagaje total del planificador.



Lo primero que se necesita para la construcción de vectores de generación de viajes, es la definición del contexto espacial de su aplicación. Esto es independiente de si el tipo de modelo a considerar es agregado o desagregado.

La operación del modelo de transporte requiere como datos de entrada los vectores origen-destino de viajes para cada período de análisis, clasificados por propósitos de viaje y por categorías de demanda (MIDEPLAN – FDC, 2010). La estimación de tales vectores constituye el objetivo de los modelos de generación de viajes.

De modo que, en el modelo de transporte, la fase de generación de viajes, tiene por objetivo predecir el número total de viajes producidos (O_i) y atraídos (D_j) por cada zona del área de estudio.

2.2. Modelos de Generación

En la modelización del transporte, la fase de generación de viajes tiene por objetivo predecir el número total de viajes generados (O_i) y atraídos (D_j) por cada una de las zonas que forma parte del área de estudio. Generalmente, esto se ha visto como el problema de contestar una pregunta cómo, ¿cuántos viajes origina cada zona? Sin embargo, el tema también se ha visto en ciertas ocasiones como un problema de elección de la frecuencia de los viajes, por ejemplo, ¿cuántos viajes, con diferentes propósitos, realizará un cierto tipo de persona durante una semana promedio? En este último caso el problema generalmente es afrontado utilizando los modelos de elección discreta, tal y como describiremos posteriormente, siendo el planteamiento: ¿cuál es la probabilidad de que un cierto tipo de persona realice cero, uno, dos o más viajes con este motivo de viaje en una semana? Esta es la base sobre la que se asienta el presente Trabajo Final de Master.

2.2.1. Definiciones Básicas

Antes de todo, llevaremos a cabo la definición de algunos conceptos básicos necesarios para el correcto entendimiento del presente trabajo.

Viaje: desplazamiento unidireccional de un punto de origen a un punto de destino. Generalmente existirá interés por todos los desplazamientos efectuados en vehículo, aunque muchas veces se consideran también los viajes efectuados a pie, más largos que un cierto umbral definido para cada estudio. Finalmente, con frecuencia se ignoran en el análisis los viajes efectuados por niños de edad inferior a los cinco años.

- Viajes basados en el Hogar (HB): tiene un extremo en el hogar de la persona que realiza el viaje, independientemente de que sea el origen o destino del viaje.



- Viajes no basados en el Hogar (NHB): aquellos en los que ni el origen ni el destino del viaje es el hogar.
- Producciones de viajes: se define como el extremo hogar en un viaje HB o el origen en un viaje NHB.
- Atracción de viaje: se define como el extremo no-hogar de un viaje HB o destino de un viaje NHB.

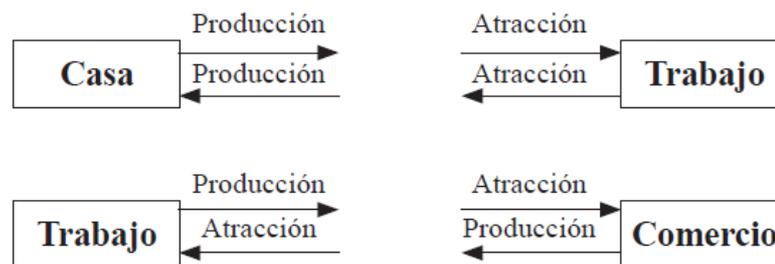


Ilustración 2– Producción y atracción de viajes (Fuente: McLeod y Hanks, 1986)

Generación de viajes: consiste en el número total de viajes, tanto HB como NHB, generados por los hogares de una zona. Éste es el valor que proporcionan la mayor parte de los modelos, y por ello nos evita el problema de asignar los viajes NHB a otras zonas como producciones de viajes.

La etapa de generación de viajes tiene por objetivo, conseguir una apropiada cuantificación e identificación de los viajes que tienen como límites las diferentes zonas en que ha sido dividida el área en estudio.

Generalmente, los volúmenes de viajes generados son muy complejos de definir y proyectar directamente. La información característica de las zonas puede ser evidentemente más fácil, de gran utilidad para los mismos extremos de viajes proyectados y constituyen lo que se denominan variables explicativas, de tal forma que explican la generación de viajes. Dicha información se refiere al uso del suelo, a las características socioeconómicas de las zonas del área de estudio y a las características del sistema de transporte. Los modelos de generación de viajes están constituidos por relaciones funcionales entre los viajes generados y las variables explicativas, de tal forma que conociendo el valor de las variables explicativas en una perspectiva futura se puede admitir la estimación de la demanda futura de viajes.

Los viajes pueden ser caracterizados por tres atributos que se deberán tener en cuenta durante el proceso de su estudio: el propósito, el horario del viaje y el tipo de persona.

Está demostrado que en la práctica se consiguen mejores modelos de generación si se modelizan separadamente los viajes por motivo o propósito. El propósito de viaje está compuesto por estos dos elementos: base y motivo. Literalmente se entiende como base, el sitio en que comienza o termina un viaje, diferenciando entre los viajes basados en el hogar y no basados en el hogar.



Naturalmente los viajes basados en el hogar, son aquellos que tienen uno de sus extremos en el hogar de la persona que viaja. Sin embargo, los viajes no basados en el hogar son los que en ninguno de sus extremos se encuentra el hogar. Hablando de motivo, se consideran los siguientes: compra, trabajo, estudio y otros motivos. Habitualmente en la práctica se consideran los siguientes propósitos de viajes:

- Basados en Hogar-Compras (BHC).
- Basados en Hogar-Trabajo (BHT).
- Basados en Hogar-Estudio (BHE).
- Basados en Hogar-Otros motivos (BHO).
- No Basados en el Hogar (NBH).

Los cinco propósitos enumerados anteriormente no han de ser tenidos en cuenta imprescindiblemente en su totalidad, ya que en algunos casos puede ser suficiente considerar 4 propósitos (BHT, BHE o BHC y NBH) y hasta 3 (BHT, BHO y NBH) según el tamaño y las características del área de estudio. Los BHT y NBH deberán estar siempre presentes mientras que los BHE, BHC y BHO pueden mantenerse separados o combinarse según su envergadura relativa. Así, para cada uno de los propósitos considerados se deberá desarrollar un modelo de generación que cuantifique los viajes realizados con ese propósito.

En lo que al horario en que se realiza el viaje se refiere, se distinguen viajes en hora pico (matutino y vespertino) y viajes diarios (total de viajes en el día sin considerar la hora en que se realizan). Los modelos de generación están diseñados para estimar los viajes en hora pico o los viajes diarios. Lo más común es trabajar en base a viajes diarios, ya que a partir de ellos y mediante factores horarios se pueden calcular los volúmenes de viajes en cualquier hora del día.

Otro atributo importante que caracteriza la generación de viajes, ya que las características socio-económicas influyen fuertemente en el comportamiento de viaje de los individuos, es el tipo de persona que realiza el viaje. Normalmente se utilizan las siguientes categorías:

- Nivel de renta
- Posesión de coche (se utilizan generalmente tres estratos: 0, 1 y 2 o más coches).
- Tamaño y estructura del hogar (la mayor parte de los estudios británicos utilizan seis estratos).

Es importante resaltar que el número total de estratos puede aumentar rápidamente, y esto puede tener fuertes implicaciones en términos de la cantidad de datos necesarios y la calibración y utilización de los modelos. Por esta razón, a menudo son necesarios compromisos, adaptaciones y agregaciones (véase la discusión en Daly y Ortúzar, 1990).

La generación de viajes puede dividirse en dos pasos:



- 1) Determinación del número de viajes originados en cada zona (producciones).
- 2) Determinación del número de viajes destinado a cada zona (atracciones).

Para toda el área de estudio, el número de viajes producidos deberá ser obligatoriamente igual al número de viajes atraídos. Sin embargo, dicha premisa no tiene por qué cumplirse en una zona en particular, dado que la compensación de viajes se produce precisamente entre las distintas zonas.

2.2.2. Variables Explicativas de la Generación de Viajes

La elección de las variables a utilizar para predecir las tasas de viaje generadas por los hogares siempre ha preocupado a los planificadores de transporte; típicamente estas variables corresponden al número de hogares, su tamaño y/o estructura, el número de vehículos que poseen (tasa de motorización) y el ingreso (renta). Sin embargo, el interés por este tema aumentó a principios de la década de los 80 con el objetivo de enriquecer los modelos de generación de viajes con teorías y métodos tomados de las ciencias sociales que estudian el comportamiento. Las principales hipótesis detrás de este trabajo fueron que las condiciones sociales en las que el individuo vive deberían tener estrecha relación con las oportunidades y los vínculos que se le presentan cuando afronta la elección de las actividades a realizar.

Existen una serie de variables fundamentales que explican los viajes generados, que son:

2.2.2.1. *Uso del Suelo*

Con una precisión aceptable, se puede predecir y determinar con facilidad el uso del suelo. Dentro de las variables que explican la generación de viajes desde el punto de vista del uso del suelo, se pueden observar tres atributos que influyen en la generación de los mismos, que son el tipo, la intensidad y la ubicación.

Los diferentes tipos de usos de suelos tienen distintas características de generación y por ello es importante identificarlos. Los tipos de usos del suelo más usuales suelen ser clasificados de la siguiente forma:

- Residencial
- Comercial
- Industrial
- Educativo
- Entretenimiento

El uso del suelo residencial produce más viajes que los otros usos, mientras que los restantes en general son mayores atractores de viajes que productores (Ortuzar & Willumsen, 2001).



La intensidad del uso del suelo expresa el nivel de actividad que caracteriza una determinada zona y, generalmente, se manifiesta en términos de cantidad o de densidad tal como el número total de viviendas en la zona o empleos por unidad de superficie. La intensidad del uso del suelo tiene un poder destacado en el número y tipo de viajes generado en una determinada zona. En general, a menor densidad de habitantes existe un mayor número de viajes generados por individuo. Lo mismo ocurre con la distribución por el modo en que se realizan los viajes, las zonas de menor densidad de hogares producen mayor cantidad de viajes en automóvil por vivienda.

La ubicación de las actividades se refiere a la distribución espacial de los usos del suelo y de las actividades dentro del área de estudio. Los modos de viajes por habitantes de un barrio de alta densidad, pero rodeado por zonas de baja densidad y alejado del centro de una ciudad, son distintos a los que tendría si ese mismo barrio estuviera próximo al centro.

2.2.2.2. *Características Socioeconómicas*

Las características socioeconómicas que influyen en la generación de viajes son las siguientes: tipo de vivienda, tamaño del hogar, ingreso familiar, posesión de automóvil y actividad de los integrantes del hogar.

- **Tipo de vivienda:** la generación de viajes varía según el tipo de vivienda. Las viviendas unifamiliares en terrenos propios generan más viajes por integrantes que las viviendas unifamiliares compartidas y éstas a su vez generan más viajes que las viviendas en edificios de apartamentos. Esta variable no es habitualmente utilizada en estudios a nivel de áreas urbanas sino para la determinación de la generación de viajes de desarrollos urbanos específicos, tales como grandes edificios, barrios cerrados, etc.
- **Tamaño del hogar:** se refiere al número de integrantes del hogar e influye positivamente en la generación de viajes. En otras palabras, la frecuencia de viajes por hogar aumenta con el tamaño del mismo.
- **Ingreso familiar:** es una de las características más importantes en la determinación de la cantidad de viajes por hogar o por persona, así como para la modalidad de los mismos. A mayor ingreso, mayor número de viajes por unidad de tiempo y mayor cantidad de viajes en automóvil.
- **Posesión de automóviles:** esta variable está directamente relacionada con el nivel de ingreso familiar y con el tamaño del hogar. Generalmente una familia con menor grado de motorización genera menor frecuencia de viajes.



- **Actividad de los residentes:** influye en la generación de viajes de manera que, a mayor número de personas ocupadas por hogar mayor cantidad de viajes generados. La principal influencia la tiene la ocupación del jefe de familia, ya que determina el nivel de ingreso del grupo familiar.

2.2.2.3. Sistema de Transporte

El tipo y calidad de las facilidades de transporte disponibles en el área, determina la variable denominada accesibilidad. A mayor accesibilidad, mayor cantidad de viajes realizados.

La accesibilidad se define de la siguiente manera:

$$ACC_i = \sum_{j=1}^n (A_j \times F_{ij}) \quad (2.1)$$

Donde:

ACC_i = accesibilidad de la zona i.

A_j = viajes atraídos por la zona j. Se adoptan las atracciones como de la importancia relativa de cada zona.

F_{ij} = Factor de impedancia entre la zona i y la zona j, a mayor factor mayor accesibilidad.

n = número de zonas

2.2.3. Clasificación de los Viajes

Los viajes pueden ser clasificados atendiendo a distintos criterios, teniendo cada uno de ellos sus propias particularidades y ventajas. Así podemos clasificar los viajes atendiendo a los siguientes aspectos:

- **Por propósito de viaje:** está demostrado que en la práctica se consiguen mejores modelos de generación si se modelizan separadamente los viajes por motivo o propósito. En el caso de los viajes basados en el hogar (HB), las cinco categorías más utilizadas son las siguientes:
 - Viajes al trabajo
 - Viajes de estudio (al colegio o universidad)
 - Viajes de compras
 - Viajes sociales y recreacionales
 - Viajes por otros motivos

Por norma general, se llaman viajes obligados a los dos primeros, mientras que se denominan viajes voluntarios (u opcionales) a todos los demás. La



última categoría confina todos los viajes efectuados por motivos menos frecuentes de forma particular.

- **Según la hora del día:** los desplazamientos, usualmente, se clasifican en viajes efectuados en el período de hora punta o fuera de punta, ya que la proporción de viajes, con diferentes motivos, varía enormemente según la hora del día.
- **Por tipo de persona:** ésta es otra clasificación importante ya que, tal y como se ha comentado en apartados anteriores, las características socio-económicas influyen fuertemente en el comportamiento de viaje de los individuos. Las categorías que se utilizan normalmente son las siguientes:
 - Posesión de auto
 - Nivel de ingreso
 - Tamaño y estructura del hogar

2.2.4. Factores que Afectan a la Generación de Viajes

A la hora de modelizar la generación de viajes, generalmente no sólo es de interés los viajes que realizan las personas, sino que también los viajes de mercancías. Por eso se utilizan modelos para cuatro grupos principales: personas y mercancía, producciones y atracciones. A continuación, se analizan brevemente algunos factores particularmente importantes a la luz de la experiencia adquirida en estudios reales.

2.2.4.1. Producciones de Viajes de Personas

En muchos estudios prácticos, se han considerado los siguientes factores:

- Renta
- Posesión de coche
- Tamaño del hogar
- Estructura del hogar
- Valor del suelo
- Densidad residencial
- Accesibilidad

El ingreso, posesión de coche, estructura y tamaño del hogar han sido incluidos en numerosos estudios sobre generación de viajes a nivel de hogares, mientras que el valor del suelo y la densidad residencial son típicos de estudios a nivel zonal.

En cambio, la accesibilidad, raramente ha sido utilizado en estudios de generación de viajes, aunque no han faltado diferentes tentativas de incluirlo. La



razón es que dicho factor ofrece la posibilidad de que la generación de viajes pueda ser elástica respecto a variaciones en el sistema de transporte.

2.2.4.2. *Atracciones de Viajes de Personas*

Dentro de este campo los factores más usados para describir la atracción de viajes de personas son la superficie cubierta disponible para la industria, el comercio y otros servicios. Otro de carácter relevante es el número de empleos, aunque en ciertos casos se ha intentado introducir alguna medida de la accesibilidad, no obstante, en este aspecto no se han realizado grandes avances.

2.2.4.3. *Producciones y Atracciones de Viajes de Mercancías*

Las producciones y atracciones de viajes de mercancías generalmente sólo constituyen una pequeña parte de los viajes, pero pueden ser relevantes en términos de contribución a la congestión. En este caso, algunas variables importantes son las siguientes:

- Número de empleados.
- Número de ventas.
- Superficie cubierta de las empresas.
- Superficie total de las empresas.

En los estudios de transportes, ni el tipo de empresa ni la accesibilidad han sido considerados como variables explicativas, de acuerdo el conocimiento de los autores; aunque parece razonable que productos diferentes tengan demandas de transporte diferentes, una particularidad curiosa es que no se ha tenido en cuenta el tipo de empresa.

2.2.5. *Método del Factor de Crecimiento*

Desde principios de los años 50 se han propuesto numerosas técnicas para modelizar la generación de viajes. La mayor parte de los métodos intentan predecir el número de viajes producidos (o atraídos) por los hogares o por las diferentes zonas, como una función (generalmente lineal) que debe ser definida en base a los datos disponibles. Antes de efectuar cualquier comparación entre los resultados conseguidos en áreas o en hitos temporales diferentes, es importante aclarar los siguientes aspectos: ¿qué viajes tienen que ser considerados? ¿cuál es la edad mínima a considerar en el análisis? (Ortuzar).

A continuación, se ilustrará brevemente una técnica que puede ser aplicada para predecir el número de viajes futuros efectuados por cada una de las cuatro categorías citadas anteriormente. Su ecuación de base es la siguiente:

$$T_i = F_i \cdot t_i \quad (2.2)$$



donde T_i y t_i son, respectivamente el número de viajes futuros y actuales generados por la zona i , y F_i es el correspondiente factor de crecimiento.

Normalmente este factor de crecimiento está ligado a variables como la población (P), la renta o ingreso (I) y la posesión de coche o Tasa de Motorización (C), según una función del tipo:

$$F_i = \frac{f(P_i^d, I_i^d, C_i^d)}{f(P_i^c, I_i^c, C_i^c)} \quad (2.3)$$

Donde f puede ser incluso una función multiplicativa sin parámetros, mientras que los superíndices d y c representan el año de la prognosis y el actual respectivamente.

Un aspecto crucial a tener en cuenta es que la generación de viajes representa la primera fase del proceso de modelización y los errores cometidos en ésta se propagan a lo largo de todo el proceso y pueden invalidar el trabajo de las etapas siguientes.

Por este motivo, en la práctica el método del factor de crecimiento es generalmente utilizado sólo para predecir el número futuro de viajes externos al área, en cuanto que se trata de un número de viajes limitado (dado que el error que se comete no es demasiado grande), y además porque no existen métodos fáciles para predecir tales desplazamientos.

Para la estimación de este factor de crecimiento podemos optar por emplear otras metodologías, como son la regresión lineal y la regresión múltiple.

2.2.6. El Problema de la No Linealidad

Tal como se ha visto anteriormente, el modelo de regresión lineal supone que cada variable independiente ejerce una influencia lineal sobre la variable dependiente.

Desafortunadamente la no-linealidad no es fácil de detectar, ya que relaciones aparentemente lineales pueden terminar siendo no lineales si se permite la incorporación de otras variables al modelo. En este caso, puede ser útil la utilización de gráficos multivariados. Por ejemplo, en la ilustración 3, se ilustran datos para hogares estratificados en grupos de acuerdo a la tasa de motorización (posesión de coche) y al número de trabajadores y puede verse que el comportamiento de los viajes no es lineal con respecto a la variable "tamaño familiar".

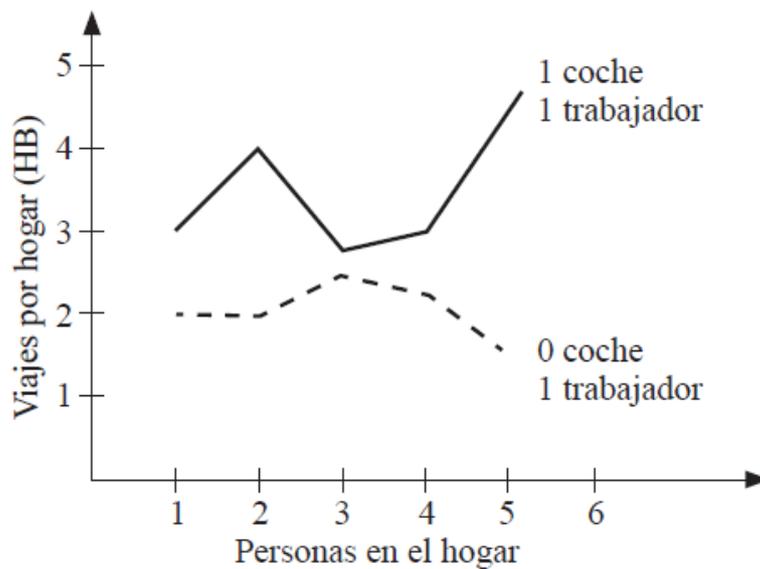


Ilustración 2 – Producción y atracción de viajes (Fuente: McLeod y Hanks, 1986)

Es importante señalar que hay clases de variables (p. ej., las cualitativas), que presentan normalmente un comportamiento no lineal (tipo de vivienda, ocupación del jefe de la familia, edad, sexo, etc.). En general hay dos métodos para incorporar las variables no lineales en el modelo:

- 1) Transformar las variables de modo que se linealice su efecto (p. ej., tomar el logaritmo o elevar a la potencia). Desafortunadamente la selección de la transformación más adecuada no es un ejercicio fácil o arbitrario y requiere gran atención, además de requerir también mucho tiempo y esfuerzo.
- 2) Utilizar variables dummy. La variable independiente se divide en intervalos discretos y cada uno de ellos se trata separadamente dentro del modelo. De este modo no es necesario asumir que la variable tenga un efecto lineal, en cuanto a que cada parte de la variable es considerada separadamente en términos de efectos sobre el comportamiento de viaje. Es fácil ver que sólo $(n - 1)$ variables dummy son necesarias para representar n intervalos.

2.3. Modelos de Elección Discreta

Los modelos agregados de demanda (o de primera generación) se basan en relaciones observadas para grupos de individuos o en relaciones promedio a nivel zonal. Los modelos desagregados (o de segunda generación) se basan en elecciones observadas efectuadas por cada uno de los individuos que se desplazan y por ello se considera que este enfoque puede conducir al desarrollo de modelos más realistas.



Uno de los padres de los DCM, Daniel McFadden, que recibió el premio Nobel de Economía en 2000 por su desarrollo de teorías y métodos para analizar elecciones discretas, ha realizado recientemente un recorrido histórico por los modelos basados en la maximización de la utilidad aleatoria (McFadden, 2000 y discurso de recepción del premio Nobel en McFadden, 2001). El concepto de utilidad aleatoria fue introducido por Thurstone en 1927. En la década de los cincuenta del siglo XX, Marschak generalizó la teoría y bautizó el modelo RUM, estudiando las relaciones entre las funciones de utilidad aleatoria y las posibilidades de elección, mientras que Luce desarrollaba utilidades basadas en el axioma de Independencia de Alternativas Irrelevantes (IIA), consistentes con el paradigma RUM. El propio McFadden, en 1965, transformó estas utilidades de forma que fuesen adecuadas para su aplicación econométrica, desarrollando lo que él denominó el modelo logit condicional, que es conocido en la actualidad como modelo Logit Multinomial (MNL).

A pesar de los trabajos de investigación de autores como Warner (1962) y Oi y Shuldiner (1962) en que se señalaban las importantes limitaciones de los métodos convencionales, los modelos de primera generación continuaron siendo utilizados hasta principios de los ochenta en la gran mayoría de los proyectos de transporte casi sin sufrir variaciones. Es precisamente a partir de dichos años cuando se comenzaron a considerar los modelos de segunda generación como una seria alternativa en el proceso de modelización (véase Williams, 1981). Los modelos de elección discreta afirman que la probabilidad de que los individuos elijan una determinada alternativa es función de sus características socioeconómicas y de la relativa atractividad de la alternativa.

Para representar cuanto de atractiva es una alternativa se utiliza el concepto de utilidad. Las alternativas no producen utilidad de por sí, sino que la utilidad se deriva (Lancaster, 1966) de las características de las alternativas y de las características de los individuos. La utilidad medible u observable se define generalmente como una combinación lineal de variables donde cada variable representa un atributo de la alternativa o del viajero, en tanto que los coeficientes representan la contribución que cada variable aporta a la satisfacción total producida por cada alternativa.

En definitiva, la constante específica de la alternativa se puede normalmente interpretar como la representación de la influencia neta de todas las características tanto del individuo como de la alternativa de transporte, no observadas o no explícitamente incluidas en dicha función de utilidad.

De acuerdo con el modelo, para poder predecir si una alternativa es elegida, el valor de su utilidad se ha de comparar con el valor de las utilidades de las demás alternativas y transformarse en un valor de probabilidad entre 0 y 1. Para ello, existe una gran variedad de transformaciones matemáticas, cuyas gráficas tienen forma de S y de entre las cuales destacan las siguientes:



Logit:

$$P_1 = \frac{\exp(V_1)}{\exp(V_1) + \exp(V_2)} \quad (2.4)$$

Probit:

$$P_1 = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{V_1 - V_2 + x_1} \frac{\exp \left\{ -\frac{1}{2(1-\rho^2)} \left[\left(\frac{x_1}{\sigma_1} \right)^2 - \frac{2\rho x_1 x_2}{\sigma_1 \sigma_2} + \left(\frac{x_2}{\sigma_2} \right)^2 \right] \right\}}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{(1-\rho^2)}} dx_2 dx_1 \quad (2.5)$$

donde la matriz de covarianza de la distribución Normal asociada a este último modelo tiene la forma siguiente:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho\sigma_1\sigma_2 \\ \rho\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

Los modelos de elección discreta no se pueden calibrar utilizando técnicas clásicas de ajuste de curvas, como, por ejemplo, el método de los Mínimos Cuadrados, porque su variable dependiente P_i es una probabilidad no-observada (entre 0 y 1) mientras que las observaciones son las elecciones realizadas por los individuos (que son solamente 0 ó 1); las únicas excepciones al respecto son los modelos para grupos homogéneos de individuos, o cuando el comportamiento de cada individuo se registra en varias ocasiones, porque, de hecho, las frecuencias observadas de elección son también variables comprendidas entre 0 y 1.

Spear (1977) realizó una conveniente síntesis de algunas propiedades importantes de estos modelos:

- 1) Los modelos desagregados de demanda (DM) se basan en teorías de comportamiento individual y no constituyen analogías físicas de ningún tipo. Por ello, cuando intentan explicar dicho comportamiento, presentan una importante ventaja potencial respecto a los modelos convencionales, en el sentido de que es más probable que sean estables en el tiempo y en el espacio.
- 2) Los DM se estiman utilizando datos individuales, lo que implica que:
 - En lo referente a la utilización de información pueden ser más eficientes que los modelos convencionales; de hecho, requieren un



número menor de datos ya que la elección de cada individuo puede ser utilizada como una observación.

- Asimismo, el utilizar datos individuales hace que se pueda tener en cuenta toda la variabilidad inherente a dichas informaciones.
- En principio, los DM pueden ser aplicados a cualquier nivel de agregación, aunque este proceso no es nada sencillo.
- Existe una menor probabilidad de que se vean afectados por distorsiones debidas a la correlación entre unidades agregadas. Cuando se agrega información puede aparecer un serio problema debido a que el comportamiento individual puede ser ocultado por características no identificadas asociadas a las zonas (falacia ecológica).

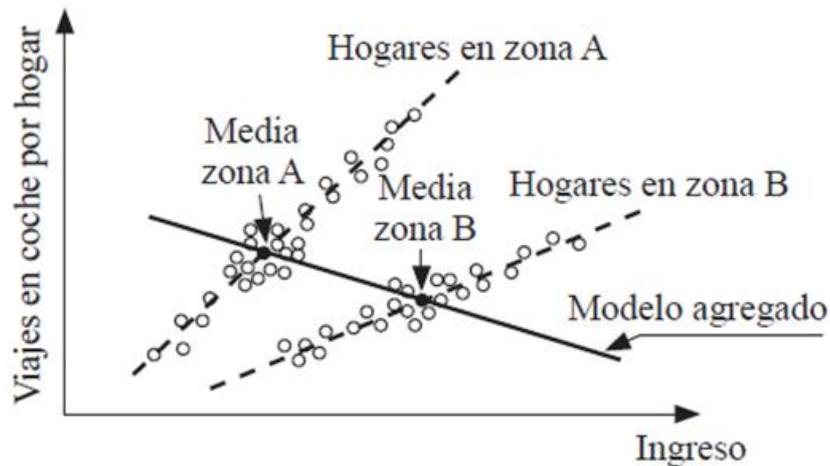


Ilustración 3– Ejemplo de Falacia Ecológica (Fuente: Spear, B.D. (1977). Applications of new travel demand forecasting techniques to transportation: a study of individual choice models. Washington, DC.)

3) Los modelos desagregados son probabilísticos; ello implica que como proporcionan la probabilidad de elegir cada alternativa, sin indicar cuál se selecciona, se deben utilizar conceptos básicos de la teoría de las probabilidades, tales como:

- El número esperado de personas que utilizan una cierta alternativa de viaje es igual a la suma, sobre todos los individuos, de la probabilidad de elección de dicha alternativa:

$$N_i = \sum_n P_{in} \quad (2.7)$$



- Es posible modelizar un conjunto de decisiones independientes considerando a cada una como una elección condicionada; en este caso separadamente, las probabilidades resultantes pueden ser multiplicadas para obtener las probabilidades conjuntas, tal como vemos a continuación:

$$P(f, d, m, r) = P(f) \cdot P(d/f) \cdot P(m/d, f) \cdot P(r/m, d, f) \quad (2.8)$$

- 4) Las variables explicativas incluidas en el modelo pueden tener coeficientes explícitamente estimados. Contrariamente a lo que sucede en el caso del coste generalizado de los modelos convencionales, en los que la función está generalmente limitada y presenta numerosos parámetros fijos, en la función de utilidad es posible, en principio, insertar un número cualquiera de variables explicativas con cualquier tipo de especificación.

2.3.1. Marco Teórico de Referencia

La base teórica más usual para generar los modelos de elección discreta es la teoría de la utilidad aleatoria (Domencich y McFadden, 1975; Williams, 1977), que fundamentalmente afirma que:

- 1) Los individuos pertenecen a una determinada población homogénea Q , actúan racionalmente y poseen información perfecta, es decir, eligen siempre la alternativa que maximiza su utilidad neta personal sujeto a sus pertinentes restricciones legales, sociales, físicas y/o presupuestarias.
- 2) Existe un cierto conjunto $A = \{A_1, \dots, A_j, \dots, A_N\}$ de alternativas disponibles y un conjunto X de vectores de atributos medibles de los individuos y de las alternativas. Cada individuo dispone de un conjunto $x \in X$ de atributos y, en general, se enfrenta a un conjunto de opciones de elección disponibles $A(q) \in A$.

Supondremos que el conjunto de elección de los individuos está predeterminado, lo que implica que el efecto del conjunto de las restricciones ya se ha tenido en cuenta y no influye en el proceso de elección entre las alternativas disponibles. La determinación del conjunto de elección se tratará más adelante.

- 3) Cada alternativa $A_j \in A$ tiene asociada una utilidad U_{jq} para cada individuo q . El modelizador, que es un observador del sistema, no posee información completa acerca de todos los elementos considerados por el individuo cuando hace una elección; por lo tanto, considera que la utilidad U_{jq} tiene dos componentes:



- Parte sistemática, medible o representativa V_{jq} , que es función de los atributos medibles X .
- Componente aleatoria ε_{jq} que representa la idiosincrasia y/o los gustos de cada individuo y que incluye además los errores de medición y observación que pueda cometer el modelizador.

Con lo anterior, se define:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (2.9)$$

Esta expresión permite explicar, por un lado, que dos individuos con los mismos atributos y frente al mismo conjunto de elección, seleccionen alternativas u opciones diferentes, y por el otro, que algunos individuos puedan no elegir la mejor alternativa.

Para que la descomposición de la ecuación (2.9) sea correcta, es necesario que exista una cierta homogeneidad en la población objeto de estudio. En principio se requiere que todos los individuos dispongan del mismo conjunto de alternativas y estén sujetos a las mismas restricciones (véase Williams y Ortúzar, 1982a), y para que ello realmente suceda puede ser necesario segmentar el mercado.

Aunque el término V se haya definido como representativo de las características medibles del individuo, se ha introducido el subíndice q en cuanto que dicho término V es función de atributos x y éstos pueden variar de individuo a individuo. Además, y sin pérdida de generalidad, se acepta que los residuos ε son variables aleatorias con media cero y una cierta distribución de probabilidad a especificar.

$$V_{jq} = \sum_k \theta_{kj} \cdot X_{jkq} \quad (2.10)$$

donde los parámetros θ se consideran constantes para todos los individuos (modelo con coeficientes fijos) pero pueden variar de alternativa en alternativa.

Es importante enfatizar la existencia de dos puntos de vista en la formulación de este problema: el primero de ellos hace alusión al individuo que, con tranquilidad, sopesa todos los elementos de interés (sin aleatoriedad) y a continuación elige la alternativa más conveniente; el segundo se refiere al modelizador, el cual observando solamente algunos de los antedichos elementos, necesita incluir los residuos ε para explicar lo que de otra manera podría constituir un comportamiento no racional.

- 4) El individuo q elige la alternativa que le proporciona su máxima utilidad sí, y sólo si:

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall A_i \in \mathbf{A}(q) \quad (2.11)$$

Es decir:

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \quad (2.12)$$

2.3.2. Determinación del Conjunto de Elección

Se trata de un problema fundamental, ya que la estimación de un modelo de elección discreta se lleva a cabo por lo general mediante observaciones de las elecciones realizadas por los individuos entre un conjunto de alternativas. Estas alternativas deben ser las consideradas consciente o inconscientemente por el individuo. La omisión de opciones sin importancia aparente, por intentar reducir el coste, puede provocar la aparición de sesgos. De igual forma, la inclusión de alternativas que son ignoradas por ciertos grupos de la población, también podría sesgar la estimación de modelos.

Dado un conjunto típico de datos de preferencias reveladas de corte transversal, uno de los primeros problemas que un analista tiene que solucionar es decidir qué alternativas están disponibles para cada individuo de la muestra. Éste es uno de los aspectos más difíciles de resolver, ya que refleja el dilema de que el modelizador tiene para llegar a un justo equilibrio entre la relevancia y la complejidad de un modelo, aunque usualmente la selección final depende de la disponibilidad de datos.

2.3.2.1. Tamaño del Conjunto de Elección

Es extremadamente difícil determinar el conjunto de elecciones de un individuo a menos que se pregunte directamente; por lo tanto, el problema está estrechamente relacionado con el dilema de si es preferible utilizar datos aportados por los individuos o medidos directamente.

Aunque el número de alternativas es normalmente pequeño, lo que hace que el problema de modelizar la elección modal sea menos grave, es la identificación de las opciones que componen el conjunto de elecciones. Esto se debe no sólo a que el número total de alternativas es habitualmente muy grande, como se verá a continuación, sino también a que se debe enfrentar el problema adicional de cómo medir la atractividad de cada opción. Algunas formas de tratar con un conjunto elevado de opciones son:

- 1) Tener en cuenta solamente subconjuntos de las opciones que son efectivamente elegidas en la muestra.



- 2) Utilizar el método “de fuerza bruta”, que supone que todos los individuos tienen todas las alternativas disponibles, dejando que el modelo asigne una probabilidad de elección muy baja o igual a cero a las opciones menos realistas.

Ambos enfoques tienen desventajas. En el primer caso, se pueden dejar de lado alternativas realistas que no se han elegido debido a la forma en que se tomó la muestra o a la técnica de muestreo utilizada. En el segundo caso, la inclusión de demasiadas alternativas puede afectar a la capacidad discriminadora del modelo, ya que un modelo que considere opciones no realistas puede ser incapaz de describir adecuadamente las elecciones entre aquellas que son realistas (Ruijgrok, 1979). Otros métodos que se pueden aplicar para resolver este problema son:

- 1) Agregar las opciones o alternativas, como en el caso de un modelo de elección de destino basado en datos zonales.
- 2) Suponer continuidad en las alternativas, como muestran Ben Akiva y Watanatada (1980).

2.3.2.2. *Formación del Conjunto de Elección*

Otro problema es que el individuo cuyas decisiones se están modelizando puede elegir perfectamente entre un conjunto relativamente limitado de opciones. Si el analista modelizase elecciones que el individuo ignora en la realidad, resultaría que algunas alternativas recibirían una probabilidad positiva, aunque, en la práctica, no tuvieran posibilidad alguna de ser elegidas. Es más, considérese el caso de modelizar el comportamiento de un conjunto de individuos que difieren mucho en cuanto al conocimiento de sus destinos potenciales. Como consecuencia, los coeficientes del modelo, que intentan describir las relaciones entre las utilidades predichas y las elecciones observadas, pueden estar influidos tanto por variaciones en el conjunto de elecciones entre los individuos, como por variaciones en las preferencias reales. Debido a que los cambios en la naturaleza de los destinos pueden afectar tanto al conjunto de elecciones como a las preferencias en grados diferentes, esta confusión puede causar estragos en la prognosis o en la posibilidad de transferir el modelo en el tiempo y en el espacio.

Para poder tratar este problema es posible:

- 1) Utilizar reglas de generación deterministas que permitan excluir ciertas alternativas (p. ej., el autobús no está disponible si la parada más próxima se encuentra más allá de una distancia determinada) y que puedan validarse empleando datos de la muestra.
- 2) Obtener información sobre el conjunto de elecciones directamente de la muestra, preguntando simplemente a los entrevistados sobre su



percepción de las alternativas disponibles (incluso es mejor preguntar sobre las opciones no disponibles y las razones de ello).

- 3) Utilizar conjuntos aleatorios de elecciones, en los que las probabilidades de elección sean el resultado de un proceso en dos fases:
 - En primer lugar, un proceso de generación del conjunto de opciones, en el cual se defina una función de distribución de probabilidades sobre todos los conjuntos de elecciones
 - En segundo lugar, en un conjunto de elecciones específico, definir una probabilidad de elección para cada alternativa.

A menudo las reglas no-compensatorias como satisfacción, lexicografía y eliminación por aspectos, pueden resultar más apropiadas que el comportamiento compensatorio. En efecto, muchos procesos de elección, especialmente si el número de alternativas físicamente disponibles es muy grande, pueden ser visualizados como una mezcla de reglas compensatorias y no-compensatorias. En este contexto, Morikawa (1996) ha desarrollado un modelo híbrido que aplica reglas de decisión compensatorias y no-compensatorias con un número relativamente amplio de alternativas, en un modelo cuyo proceso de decisión se subdivide en una fase en la que se forma el conjunto de elección y en otra en la que se efectúa la elección. La formación del conjunto de elección se modeliza a través de un modelo de restricciones aleatorias que tiene una naturaleza no-compensatoria en las restricciones (es decir, si una restricción no se satisface, la alternativa se excluye del conjunto de elección, aunque las demás restricciones se hayan satisfecho), mientras que la fase de elección se describe a través de un modelo Logit Multinomial.

2.3.3. Especificación y Forma Funcional

La búsqueda de la mejor especificación del modelo está relacionada con su forma funcional. Aunque se pueda argumentar que la función lineal es probablemente adecuada en muchos contextos, hay otros casos, como el de la elección de destino, en los que las funciones no lineales son más apropiadas (Foerster, 1981; Daly, 1982a). Los problemas en este último caso son que, en general, no hay garantía de que las rutinas de estimación de los parámetros vayan a converger a valores únicos, y que no haya software disponible directamente. Otro tópico de especificación relacionado con la forma funcional es la manera en que las variables explicativas deberían entrar en la función de utilidad, incluso si ésta es lineal en los parámetros.

En la literatura existente se han propuesto tres métodos para tratar el problema de la forma funcional:



- 1) La utilización de análisis conjunto en experimentos reales o de laboratorio para determinar la forma más apropiada de la función de utilidad (Lerman y Louviere, 1978).
- 2) La utilización de transformaciones estadísticas, tales como el método de Box-Cox, permitiendo hasta un cierto límite que los datos “decidan” (Gaudry y Wills, 1978).
- 3) La utilización constructiva de la teoría econométrica para derivar la forma funcional (Train y McFadden, 1978; Jara-Díaz y Farah, 1987); éste es posiblemente el enfoque más atractivo, ya que la forma final puede relacionarse con medidas de evaluación de beneficios del usuario.

En general, las formas no lineales normalmente implican compromisos entre variables diferentes de las asociadas a conceptos como el valor del tiempo (Bruzelius, 1979) y, como es fácil imaginar, también las elasticidades del modelo y su poder explicativo pueden variar sensiblemente con la forma funcional utilizada.



3. Información Previa y Metodología

3.1. Datos Iniciales

Para la elaboración de este trabajo fin de master he contado con la siguiente información de partida disponible en el Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte.

En primer lugar, planos del área de transporte a estudiar en el que están delimitadas todas las zonas y con su correspondiente número asignado.

En segundo lugar, el informe de análisis de las encuestas domiciliarias en el cual aparecen recogidos los resultados y características resultantes de las mismas.

Para la parte de la elaboración de los modelos zonales he contado con un archivo Excel que contiene:

- En la primera hoja, una serie de datos correspondientes a viajes y distintas características de los hogares encuestados.
- En la segunda hoja, una leyenda de las abreviaturas utilizadas para dichos hogares.
- En la tercera hoja, los datos correspondientes a los viajes y distintas características de los individuos encuestados.
- En la cuarta hoja, los datos correspondientes a los viajes y distintas características de los individuos encuestados, adaptados para el empleo del software N-Logit.
- En la quinta hoja, una leyenda de las abreviaturas utilizadas para dichos individuos.

3.2. Metodología

3.2.1. Encuesta Domiciliaria de Preferencias Reveladas

A la hora de establecer las características de los viajes realizados por los miembros de los hogares, la metodología empleada se basa en un sistema de encuestas de preferencias reveladas. A continuación, se exponen las características de dicha tipología de encuestas.

Para este epígrafe se ha tomado como referencia el libro *Modelling Transport* (Ortúzar y Willumsen, 2001).

Las encuestas de preferencias reveladas son aquellas en las que los usuarios son preguntados por una serie de características o variables que ellos conocen y de las que son capaces de valorar. Es decir, con ellas se estudian situaciones habituales



o reales, ya existentes. En el caso concreto de este proyecto, la encuesta de preferencias reveladas sirve para conocer, cuantificar y caracterizar los viajes realizados por los habitantes de la ciudad de Santander. Para ello se utilizan las valoraciones realizadas por los usuarios sobre una serie de variables que definen los viajes que se realizan.

A la hora de diseñar una encuesta de preferencias reveladas es importante tener en cuenta ciertas consideraciones sobre la forma de realizar las preguntas. La primera de ellas es el orden a seguir de las preguntas. Es importante que aquellas preguntas que puedan dar lugar a cierta reticencia por parte de los encuestados sean realizadas al final de la entrevista o encuesta. El objetivo es evitar que se pierda el resto de la información al negarse el entrevistado a continuar participando en la encuesta. Una pregunta típica que suele dar lugar a negativas por parte de los encuestados es contestar al nivel de ingresos.

El diseño del cuestionario debe cumplir las siguientes pautas:

- 1) Las preguntas deben ser simples (redactadas de forma sencilla) y directas.
- 2) Debe reducirse, en la medida de lo posible, el número de preguntas abiertas.
- 3) Las informaciones sobre los viajes deben incluir el motivo del viaje. Esto permitirá poner en relación modos específicos con localizaciones específicas, horarios del día, longitud del desplazamiento, etc.
- 4) En el caso de encuestas domiciliarias, todas las personas de la familia deberían ser incluidas en la investigación (jóvenes, trabajadores que realizan labores domésticas).
- 5) Desde el momento que las personas tienen dificultad a recordar actividades no frecuentes o discrecionales, aunque sean recientes, se recomienda que el diario de viajes relativo a uno o más días sea entregado a cada familia anticipadamente.

El muestreo se debe diseñar de forma que aporte la mínima perturbación posible a los entrevistados y que alcance el máximo porcentaje de respuesta y, por tanto, la mayor robustez de datos:

- 1) En el caso de encuestas de auto-llenado, se necesita focalizar la atención sobre el formato completo del formulario porque éste representa el único contacto con los entrevistados.
- 2) La fuerza de las entrevistas personales está en el hecho de que es fácil para los entrevistados contestar. Por tanto, es muy importante la formación de los entrevistadores, para que comprendan el contexto de estudio y para



estar seguro de que el diseño de la encuesta sea para ellos simple de administrar.

3.2.1.1. *Objetivos de la Encuesta*

Los principales objetivos buscados con la realización de la encuesta de preferencias reveladas son:

- Conocer las características significativas de la demanda de viajes (motivo de viajes, longitud de viaje, periodo horario, etc.)
- Obtener información de la demanda proveniente de cruzar las variables explicativas, así como de relacionarla con las características de la oferta.
- Recopilar información útil para posteriormente caracterizar los viajes del usuario privado de la ciudad de Santander.
- Conocer las variables más valoradas del transporte privado.
- Conocer la valoración global del transporte privado.

3.2.1.2. *Diseño de la Encuesta*

El proceso que se ha de seguir a la hora de realizar una encuesta consta de las siguientes etapas:

- 1) Pre-diseño de la Encuesta: Encuesta Piloto
- 2) Diseño de la Encuesta Definitiva
- 3) Definición del tamaño muestral.
- 4) Formación del equipo de trabajo (encuestadores)
- 5) Realización de la encuesta definitiva de los hogares de la ciudad de Santander.
- 6) Codificación de la información

El tamaño muestral de las encuestas, dado que partimos de una encuesta domiciliar, viene definido por la ecuación 3.13:

$$n \geq \frac{p(1-p)}{\left(\frac{e}{z}\right)^2 + \frac{p(1-p)}{N}} \quad (3.13)$$

Donde:

e: Error aceptable (habitualmente del 10%).

z: Valor de la variable normal estandarizada para un determinado índice de confianza (habitualmente 1,96 asociado a un índice de confianza del 95%).

$$N = (CV^2 * Z^2)/e^2$$

p: 0,5 por tratarse del valor más conservador, mayor número de encuestas.

n: número de encuestas a realizar.

CV: coeficiente de variación.

Para lograr una comprensión del comportamiento del usuario, los datos PR tienen varias limitaciones:

- Las observaciones de elecciones reales pueden no tener la suficiente variabilidad para realizar la construcción de buenos modelos de evaluación y predicción. Por ejemplo, atributos tales como el tiempo de viaje y la tarifa pueden estar tan correlacionados en la muestra que sea difícil separar sus efectos en la estimación de modelos y para la prognosis.
- El comportamiento observado puede estar dominado por una serie de factores que hacen muy difícil detectar la importancia relativa de otras variables. Este es un problema particular con variables cualitativas secundarias tales como, seguridad, confort; este tipo de atributos cuesta dinero y se puede querer saber cómo son valorados por los usuarios antes de realizar inversiones en los mismos.
- Dificultades para conseguir respuestas a actuaciones que son totalmente nuevas.

Estas limitaciones podrían solventarse si fuera posible llevar a cabo experimentos reales controlados dentro de las ciudades o en los sistemas de transporte, observando el comportamiento del usuario. Las encuestas de preferencias declaradas (PD) ofrecen una aproximación a los mismos, siendo un tipo de cuasi-experimento basado en situaciones hipotéticas establecidas por el investigador y, por tanto, constituyen una aproximación de un experimento controlado.

3.2.2. Modelos de Elección Discreta

Como ya se ha comentado anteriormente, los modelos agregados de demanda (o de primera generación) se basan en relaciones observadas para grupos



de individuos o en relaciones promedio a nivel zonal. Los modelos desagregados (o de segunda generación) se basan en elecciones observadas efectuadas por cada uno de los individuos que se desplazan y por ello se considera que este enfoque puede conducir al desarrollo de modelos más realistas.

3.2.2.1. Consideraciones generales

Para este apartado se han tomado como referencia los libros *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand* (Ben-Akiva, M and Lerman, S.R., 1985), *Modelling Transport* (Ortúzar y Willumsen, 2001) y *Applied Choice Analysis: a primer* (Hensher, Rose and Greene, 2005).

Los modelos de elección discreta se utilizan para modelizar el comportamiento del usuario, tanto en la situación real actual como frente a políticas o medidas de actuación futuras o hipotéticas. Según los modelos de elección discreta, la probabilidad de que un individuo elija una opción determinada (dentro de su conjunto de alternativas de elección) depende de las características socio-económicas del individuo y de la relativa atractividad de la alternativa, es decir, de la utilidad de la misma. Las distintas alternativas disponibles en sí no producen utilidad, lo que le asigna esa utilidad son las características o atributos de dichas alternativas y las características de los individuos (Lancaster, 1966).

Los modelos de elección discreta utilizan, como base teórica más usual, la teoría de la utilidad aleatoria. Esta teoría utiliza la hipótesis de que cada individuo forma parte de una población homogénea y realiza sus elecciones sobre las alternativas de transporte maximizando su propia utilidad. Más en particular, los modelos de utilidad aleatoria o de elección discreta se basan en las siguientes hipótesis:

- 1) Los individuos pertenecen a una cierta población homogénea Q , actúan en forma racional y tienen información perfecta; es decir, siempre escogen aquel camino que les maximiza su utilidad personal neta (por esto se caricaturiza a esta especie como «hommo economicus»), sujeto a sus restricciones ambientales. Estas pueden ser legales, sociales, físicas o presupuestarias (en tiempo y dinero).
- 2) Un usuario genérico q que efectúa una elección de modo transporte, considera m_i (alternativa 1, alternativa 2, etc.) alternativas de transporte disponibles y constituyen su conjunto de elecciones de viaje o de transporte I_q . El conjunto de elección I puede ser diferente para usuarios diferentes, es decir, existe un cierto conjunto $I = \{m_1 \dots, m_i \dots, m_N\}$ de alternativas disponibles de forma que el conjunto disponible para un individuo en particular, q , es $I_q \subset I$. Se supone que este conjunto de alternativas disponibles, de entre las cuales cada individuo debe escoger, está predeterminado. Esto implica que el efecto de las restricciones ya ha



sido tomado en cuenta y no afecta el proceso de selección de la alternativa más conveniente entre las disponibles.

- 3) Cada alternativa $I_q \in I$, tiene asociada una función de utilidad U_{iq} para el individuo q . El usuario q asocia, a cada alternativa i de su conjunto de elecciones posibles, una función de utilidad o “atractividad” percibida, U_{iq} , y elige, de las alternativas de transporte que posee, aquella que le proporciona una mayor utilidad; es decir, que efectuará su elección de modos de transporte en función de la maximización de su utilidad.
- 4) La utilidad asociada a cada alternativa de elección depende de una serie de características medibles o atributos X_{iq} (renta, coste de transporte, confort, etc.), propios de la alternativa misma, $U_{iq} = U_q(X_i)$ dónde X_{iq} , es el vector de los atributos relativos al alternativa i y al usuario que decide q . En otras palabras, el usuario elige una alternativa en base a los atributos propios de aquella alternativa comparándolos con los de las demás alternativas disponibles.

Al modelizar el comportamiento de los distintos usuarios del sistema sería necesario conocer todas las características que han tenido en cuenta a la hora de hacer su elección. Esto es imposible, ya que no se llega a tener nunca una información completa acerca de lo que los individuos consideran a la hora de elegir una alternativa. Por esta razón la utilidad de las alternativas U_{iq} se representa con la siguiente ecuación:

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (3.14)$$

Donde:

V_{iq} : Parte medible de la Utilidad, Utilidad sistemática o representativa, que es función de los atributos medidos X . Siendo:

$$V_{iq} = \sum_k \theta_{ki} \cdot X_{kqiq} \quad (3.15)$$

Donde θ se considera constante para todos los individuos.

ε_{iq} : representan la parte aleatoria que refleja la idiosincrasia y gustos particulares de cada individuo, además de errores de medición y observación cometidos por parte del equipo investigador.

Esta expresión permite explicar dos posibles “irracionalidades”. La primera es que dos individuos con los mismos atributos y frente al mismo conjunto de elección, seleccionen alternativas u opciones diferentes, y la segunda que algunos individuos puedan no elegir la mejor alternativa (desde el punto de vista de los atributos considerados por el modelizador).

Para que la descomposición de la ecuación 3.14 sea correcta, es necesario que exista una cierta homogeneidad en la población objeto de estudio. En principio



se requiere que todos los individuos dispongan del mismo conjunto de alternativas y estén sujetos a las mismas restricciones (véase Williams y Ortúzar, 1982a), y para que ello realmente suceda puede ser necesario segmentar el mercado.

Es importante enfatizar la existencia de dos puntos de vista en la formulación de este problema: el primero de ellos hace alusión al individuo que, con tranquilidad, sopesa todos los elementos de interés (sin aleatoriedad) y a continuación elige la alternativa más conveniente; el segundo se refiere al modelizador, el cual observando solamente algunos de los antedichos elementos, necesita incluir los residuos ε para explicar lo que de otra manera podría constituir un comportamiento no racional.

Por lo tanto, no es posible prever con absoluta certeza cuál de las alternativas disponibles será elegida por un usuario genérico. Sin embargo, es posible expresar la probabilidad de que dicho usuario q elija la alternativa i condicionada por su conjunto de alternativas disponibles, I_q , como la probabilidad de que tal alternativa tenga una utilidad percibida mayor que las otras alternativas disponibles:

$$P_q[i/I_q] = Pr[U_{iq} > U_{jq} \forall j \neq i, k \in I_q] \quad (3.16)$$

Sustituyendo la ecuación anterior:

$$P_q[i/I_q] = Pr[V_{iq} - V_{jq} > \varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq} \forall j \neq i, k \in I_q] \quad (3.17)$$

Consecuentemente, se comprueba que la probabilidad de elección de una alternativa depende de los valores asociados a las utilidades sistemáticas de todas las alternativas disponibles del conjunto de elección y de la distribución o función de densidad o masa conjunta de los residuos aleatorios ε_{iq} .

Antes de empezar a modelizar los datos es importante determinar las alternativas de elección que tiene disponible cada individuo, las variables que definen dichas alternativas y con las que, por lo tanto, se va a trabajar (dependerán de los objetivos del estudio), la forma en la que estas variables se van a introducir en el modelo. Una vez definidos estos conceptos básicos se especifica la estructura del modelo a utilizar en la modelización, es decir, se decide el tipo de modelo que mejor se adecua al caso de estudio: Logit Multinomial, Logit Jerárquico, Logit Ordenado, Logit Mixto, etc. Todo ello dependerá de los objetivos del estudio o investigación, que a su vez dependen de la realidad a estudiar, los recursos con los que se cuenta para realizar el estudio, la consistencia teórica y la sensibilidad hacia variables de intervención política. Es decir, lo que se pretende es obtener un modelo realista, capaz de caracterizar el comportamiento de los individuos frente a diferentes políticas de actuación, optimizando los recursos disponibles.



Es importante evitar, en la medida de lo posible, la aparición de sesgos en el estudio ya que eso dará lugar a modelos que no son capaces de reflejar la realidad. Para ello es importante tener en cuenta todas las alternativas consideradas, consciente o inconscientemente, el individuo.

Por ello es importante, a la hora de diseñar el experimento con el que se van a recoger los datos a modelizar, tener en cuenta el realismo de los escenarios de elección, la consistencia teórica del diseño, el ajuste de dicho diseño a los objetivos planteados y los recursos económicos disponibles para llevar a cabo el estudio.

La decisión final a la hora de elegir el mejor modelo para cada caso de estudio se basa, en gran medida, en los conocimientos y en la experiencia previa del investigador, sin olvidar las limitaciones específicas de cada estudio (tiempo, recursos, etc.). Es importante considerar que la utilización de un modelo inadecuado para los objetivos del estudio puede ocasionar graves errores (Williams y Ortúzar, 1982a).

A continuación, se exponen los modelos de elección discreta que se han utilizado en el trabajo desarrollado.

3.2.3. Estimación Estadística de Modelos a partir de Muestras Aleatorias

Se trata de los métodos para la estimación de modelos discretos (MD), junto con las estadísticas de bondad de ajuste utilizadas durante su desarrollo. Los métodos de estimación de modelos deben adaptarse al marco de muestreo utilizado para generar las observaciones. Esto es necesario para mejorar la eficiencia de la estimación y evitar sesgos.

Para estimar los coeficientes θ_k de la expresión, se utiliza normalmente el método de máxima verosimilitud (ML: Maximum Likelihood). Este método se basa en la idea de que una muestra concreta tiene una probabilidad más alta de haber sido obtenida de una cierta población que del resto. Los estimadores del método ML son el conjunto de parámetros que generan más frecuentemente la muestra observada.

Para ilustrar esta idea, considérese una muestra de n observaciones de una determinada variable $Z = \{Z_1, \dots, Z_n\}$, obtenida de una población caracterizada mediante un parámetro θ (media, varianza, etc.). Al ser Z una variable aleatoria, tiene asociada una función de densidad $f(Z/\theta)$ que depende de los valores de θ . Por tanto, siendo los valores de la muestra independientes, se puede escribir la función de densidad conjunta como:

$$f(Z_1, Z_2, \dots, Z_n / \theta) = f(Z_1 / \theta) f(Z_2 / \theta) \dots f(Z_n / \theta) \quad (3.18)$$

La interpretación estadística más corriente de esta función es con Z como variables y θ fijo. Invertiendo el proceso, la ecuación anterior puede interpretarse como una función de verosimilitud $L(\theta)$. Si se maximiza con respecto a θ , el resultado se denomina estimador de máxima verosimilitud porque corresponde al valor del



parámetro que tiene la probabilidad mayor de haber generado la muestra observada. Esta idea puede extenderse al caso de varios parámetros.

En el caso de un MNL lineal en los parámetros, la función se comporta bien, de forma que el proceso converge rápidamente y siempre hacia un único valor. Esto explica por qué es tan sencillo disponer de software para estimar este modelo. Desafortunadamente éste no es el caso para otros modelos de elección discreta, cuyo proceso de estimación es mucho más complicado.

3.2.3.1. *Test-t de Significancia de cualquier componente θ_k de θ*

θ_k tiene una varianza estimada S_{kk} , de manera que si su media $\theta_k = \theta$, entonces:

$$t = \frac{\theta_k^*}{S_{kk}} \quad (3.19)$$

presenta una distribución Normal estándar $N(0,1)$. Por esta razón es posible comprobar si θ_k es significativamente diferente de cero (esto no es exactamente un test-t, ya que se está aprovechando la aproximación conseguida al tener una muestra grande y t se comprueba con la distribución Normal). Valores suficientemente grandes de t (mayores que 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.

El procedimiento secuencial de selección de variables seguido durante la especificación de los modelos de elección discreta, considera normalmente test estadísticos formales como el visto anteriormente y otro tipo de comprobaciones más informales, tales como observar el signo del coeficiente estimado y verificar si es consecuente con la teoría o con conceptos a priori. En este sentido debe destacarse que la eliminación de una variable con signo correcto depende crucialmente de su importancia.

El conjunto de variables explicativas disponibles puede dividirse con beneficio en dos clases:

- Variables muy relevantes o de intervención política, que tienen una base teórica sólida y/o que son cruciales para la prognosis.
- Otras variables explicativas, que no sean cruciales para la evaluación de actuaciones (p. ej., sexo) o para las cuales no existan razones teóricas que justifiquen o rechacen su inclusión.



La tabla 1 presenta los casos que se pueden dar al considerar las posibles interacciones según la división anterior, así como las soluciones recomendadas por la práctica habitual. Considérese en primer lugar el caso de eliminar una variable del tipo “Otras” con el signo correcto. Su eliminación dependerá del nivel de significación (a veces sólo es significativa a un nivel del 85%), y normalmente se deja fuera si no es significativa a un nivel del 80%.

Casos de selección de variables			
		Variable	
		Intervención política	Otras
Signo correcto	significante	Incluir	Incluir
	no significativa	Incluir	Se puede eliminar
Signo incorrecto	significante	Gran problema	Eliminar
	no significativa	Problema	Eliminar

Tabla 1 – Casos de selección de variables (Fuente: Ortúzar, Juan de Dios y Willumsen. L.G. (2001). *Modelling Transport*, 3rd ed. Wiley, Chichester.)

La buena práctica recomienda incluir una variable relevante con signo correcto aun cuando no haya pasado algún test de significación. La razón es que el coeficiente estimado es la mejor aproximación posible a su valor real. La falta de significación puede estar causada por insuficiencia de datos.

Las variables del tipo “Otras” con signo incorrecto debieran rechazarse siempre. Sin embargo, como las variables de intervención política deben incluirse casi a cualquier coste, la práctica habitual indica que en el caso de signo incorrecto se haga una reestimación del modelo, fijando sus valores en base a información aceptable proveniente de estudios similares. Esta tarea es fácil si la variable no es significativa, pero puede llegar a ser muy difícil si lo es, ya que el valor fijado podría producir cambios importantes en el resto de los coeficientes del modelo.

En lo referente a variables socioeconómicas como el sexo, la edad, la profesión y la ocupación, el modo típico de insertarlas dentro de los modelos de elección discreta es en forma de constantes adicionales, a lo sumo en todas las alternativas menos en una, en base a la experiencia y al sentido común del modelizador.

3.2.3.2. Test de Razón de Verosimilitud

Un número importante de propiedades del modelo puede expresarse como restricciones lineales en un modelo más general. Algunos ejemplos de estas propiedades son:



- **Atributos genéricos:** Hay dos tipos principales de variables explicativas, genéricas y específicas. Las primeras tienen el mismo peso o significado en todas las alternativas, mientras que las últimas tienen un significado específico y diferente en cada una de las opciones y por tanto pueden tomar un valor igual a cero para ciertos elementos del conjunto de elecciones.
- **Homogeneidad de una muestra:** Se puede probar si los coeficientes del modelo son apropiados para dos subpoblaciones (p. ej., los que viven a un lado y a otro de un río). Para realizar esta comprobación se especifica un modelo general con distintos coeficientes para las dos subpoblaciones, y posteriormente se prueba la igualdad de parámetros mediante un conjunto de restricciones lineales.

Debido a las propiedades de la ML, es fácil testear cualquier hipótesis expresada mediante restricciones lineales, utilizando el conocido test de la razón de verosimilitud (LR). Para llevar a cabo este test se ejecuta en primer lugar el programa de estimación para el caso más general, produciendo estimadores θ^* y el logaritmo de la verosimilitud $l^*(\theta)$ en convergencia. Después se ejecuta por segunda vez para obtener estimaciones θ^*_r de θ y el nuevo logaritmo de la verosimilitud $l^*(\theta_r)$ para el máximo en el caso restringido. Si el modelo restringido bajo consideración tiene una especificación correcta, el estadístico LR:

$$-2 \{l^*(\theta_r) - l^*(\theta)\} \quad (3.20)$$

distribuye asintóticamente χ^2 con r grados de libertad, donde r es el número de restricciones lineales. El rechazo de la hipótesis nula implica que el modelo restringido es erróneo. Para llevar a cabo el test es necesario que un modelo sea una versión restringida o anidada del otro.

3.2.3.3. Índice R^2

Aunque en este caso no es posible construir un índice como el R^2 , siempre es interesante tener un indicador que varíe entre 0 (sin ajuste) y 1 (ajuste perfecto), para poder comparar modelos alternativos. Se definió inicialmente un índice que satisface algunas de las características anteriores, así:

$$R^2 = 1 - \frac{l^*(\theta)}{l^*(0)} \quad (3.21)$$

Su significado está claro en los dos límites (0 y 1), pero no tiene una interpretación intuitiva para valores intermedios. De hecho, valores cercanos a 0,4 pueden constituir ajustes excelentes.

Un aspecto a tener en cuenta es que a la hora de estimar el parámetro R^2 asociado a los modelos de elección discreta, el resultado obtenido no es



exactamente análogo al estadístico R² del modelo de regresión lineal. Esto es debido a que el modelo de regresión lineal es, como su propio nombre indica, lineal, mientras que el Modelo Logit Multinomial no lo es. Por ello el pseudo-R² obtenido mediante un modelo MNL no es igual al R² de un modelo de regresión lineal, siendo necesario recurrir a la relación entre ambos, definida en la ilustración 5, para obtener el R² real del modelo.

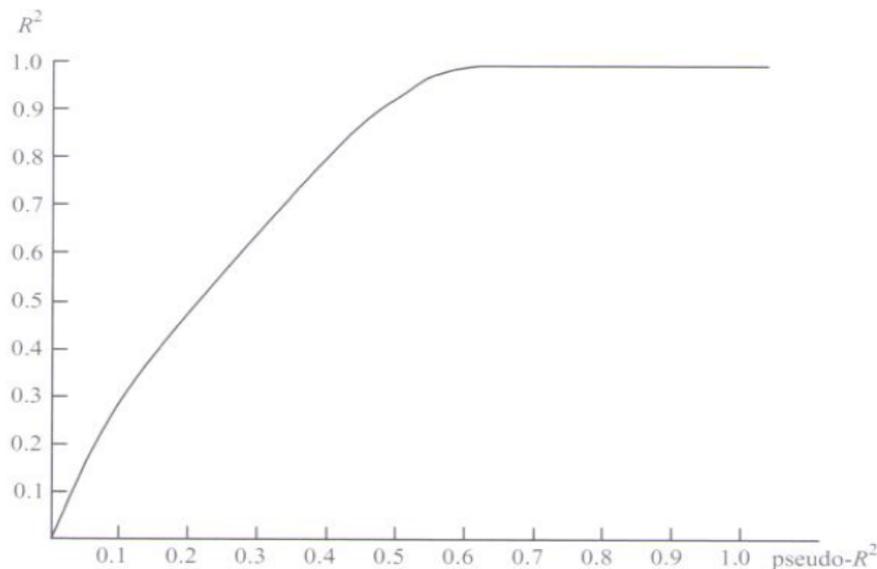


Ilustración 4 - Representación gráfica de la relación entre pseudo-R² y R² lineal (Fuente: Hensher, D.A, Rose, J.M. y Greene, W.H. (2005). *Applied choice analysis: a primer*. Cambridge University Press)

3.2.4. Modelo Logit Multinomial

El Logit Multinomial (MNL por sus siglas en inglés) es el modelo de elección discreta más sencillo. La principal característica de este modelo consiste en la asunción de que los residuos aleatorios (ε_{iq}) se distribuyen siguiendo una distribución de Gumbel IID (Domencich y McFadden, 1975).

$$P_{iq} = \frac{e^{\beta \cdot V_{iq}}}{\sum_{A_j \in A(q)} e^{\beta \cdot V_{iq}}} \quad (3.22)$$

En la que las funciones de utilidad siguen generalmente una forma lineal (3.15) y el parámetro β (cuyo valor en la práctica se suele normalizar a uno) está ligado a la desviación estándar común de la variable Gumbel mediante la relación que se muestra a continuación:

$$\beta^2 = \frac{\pi^2}{6\sigma^2} \quad (3.23)$$



Otra gran característica del modelo Multinomial es el axioma de independencia de las alternativas irrelevantes, que se puede describir de la siguiente forma:

“En el caso de cualquier par de alternativas que tengan una probabilidad no nula de ser elegidas, la razón entre ambas no está influenciada por la presencia o ausencia de otras alternativas presentes en el conjunto de elección” (Luce y Suples, 1965)

Descrito de forma matemática, se define que la siguiente relación (3.24) es constante e independiente del resto de alternativas.

$$\frac{P_j}{P_i} = e^{\beta(V_j - V_i)} \quad (3.24)$$

En un principio esta propiedad de independencia entre alternativas se consideró como una ventaja, puesto que permitía tratar fácilmente el problema de una alternativa nueva. Sin embargo, hoy en día dicha propiedad se percibe como una desventaja, ya que no permite al modelo considerar la correlación entre alternativas, lo cual puede conducir a predicciones sesgadas.

Cuando el número de alternativas es muy elevado, se puede demostrar (MacFadden, 1978) que se obtienen parámetros insesgados estimando el modelo con una muestra aleatoria del conjunto de elección disponible. Los modelos que no presentan dicha propiedad pueden requerir una gran cantidad de tiempo de cálculo para más de 50 alternativas, aunque su proceso de estimación no sea complicado. Desgraciadamente, en un contexto de elección de destino, no es difícil superar esta cifra en sistemas de zonificación de tamaño normal.

Si se estima el modelo con datos para una sub-área, o con datos de una muestra sesgada en términos de la cantidad de usuarios que elige cada alternativa en relación a la población, se puede demostrar que si éste tiene un conjunto completo de constantes específicas (N-1, si hay N opciones como ya se demostró anteriormente) y todos los individuos tienen disponibles todas las alternativas, entonces basta recalcularlas como se indica en la expresión siguiente para el área total obteniéndose un modelo insesgado:

$$K'_i = K_i - \log\left(\frac{q_i}{Q_i}\right) \quad (3.25)$$

donde q_i es la proporción de mercado de la alternativa A_i en la muestra y Q_i es la proporción de mercado en la población. Por tanto, todas las constantes deben ser corregidas, incluida la que fue considerada de referencia e igualada a cero durante la estimación.

En el modelo MNL se pueden derivar ecuaciones bastante simples para las elasticidades directas y cruzadas. La elasticidad directa puntual, que es la variación



de la probabilidad de elegir una alternativa A_i respecto a una variación marginal en un atributo X_{ikq} viene dada por:

$$E_{P_{iq}, X_{ikq}} = \frac{\partial P_{iq}}{\partial X_{ikq}} \cdot \frac{X_{ikq}}{P_{iq}} \quad (3.26)$$

Y a partir de aquí se puede deducir fácilmente que:

$$E_{P_{iq}, X_{ikq}} = \theta_{ik} \cdot X_{ikq} \cdot (1 - P_{iq}) \quad (3.27)$$

Mientras que las elasticidades cruzadas puntuales vienen dadas por:

$$E_{P_{iq}, X_{ikq}} = \theta_{ik} \cdot X_{ikq} \cdot P_{iq} \quad (3.28)$$



4. Aplicación Práctica

4.1. Introducción

En este capítulo se aplica la metodología expuesta en el capítulo anterior y se plantean los resultados obtenidos.

Comenzamos con una exposición de la localización del caso de estudio, mostrando la situación actual de la ciudad de Santander en el ámbito demográfico de transporte. A continuación, se expondrá todo el proceso de recolección de datos necesario para la creación de los modelos, desde el cálculo de la muestra necesaria hasta la creación de la propia encuesta, finalizando con una explicación sobre el proceso de encuestado realizado. Por último, se calcularán los modelos siguiendo las formulaciones especificadas anteriormente (véase apartado 3.2.2), además de realizar una discusión sobre los resultados obtenidos.

4.1.1. Descripción del caso de estudio

4.1.1.1. Situación y emplazamiento

La ciudad de Santander es la capital de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Se encuentra situada al norte de la misma; estando, a su vez, enmarcada en la zona septentrional de la Península Ibérica.



Ilustración 5 - Mapa de situación, Santander



El término Municipal de Santander ocupa una superficie relativamente pequeña (comparada con el resto de capitales de provincia de España), con 36 km², siendo esta superficie algo menos del 1% de la superficie de la región. Al norte limita con el Mar Cantábrico, estando rodeada de mar en gran parte de su contorno, ya que la ciudad está diseñada de cara al mar, tanto en la zona de la bahía interior, como en la zona de las playas.

En cuanto al relieve de la ciudad, este se caracteriza por una alternancia de elevaciones y depresiones paralelas en dirección noroeste-sureste. La diferencia de cotas entre unas y otras no son muy elevadas, pero sí son suficientes para condicionar la movilidad de la ciudad en esa dirección, ya que las pendientes a las que dan lugar llegan a ser de tipo fuerte (mayor de 15º, MOPUT 2001). Además, la ciudad se caracteriza por una escasa red de viales principales en la dirección mencionada previamente, lo que dificulta aún más la movilidad.

La zona en la que aparecen las mayores pendientes y las mayores cotas está al suroeste: la peña de Peñacastillo, que alcanza una cota superior de 135 metros. Las zonas más llanas y con alturas menores se localizan principalmente en la parte sur de la ciudad y se deben, en gran medida, a sucesivos rellenos destinados a ganar terreno al mar con el fin de acoger actividades industriales y comerciales, así como la actividad desarrollada en el Puerto de Raos (véase ilustración 7).

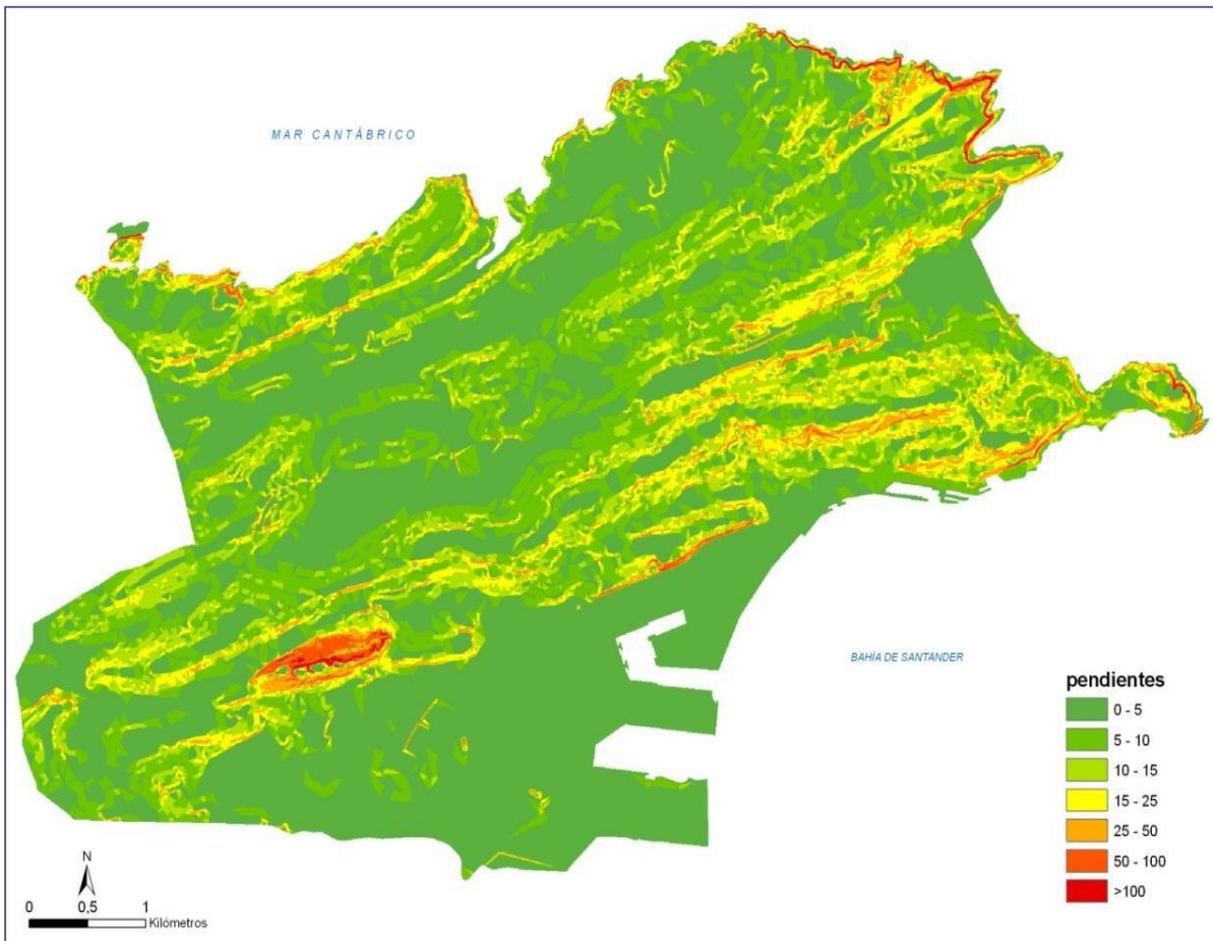


Ilustración 6 - Mapa de pendientes de Santander (Fuente: ICANE)

4.1.1.2. Población

La población actual, según el último dato del Padrón municipal publicado (a 1 de enero de 2014) es de 175.736 personas. El municipio cuenta con cinco núcleos de población, el casco urbano de Santander y cuatro pueblos colindantes a este: Cueto, Monte, Peñacastillo y San Román, que progresivamente han sido asimilados por el casco urbano debido a la expansión de la población hacia la zona periurbana.

La distribución de la población sobre el territorio es bastante desigual (véase Ilustración 8). El núcleo urbano, especialmente su zona centro, concentra las mayores densidades.

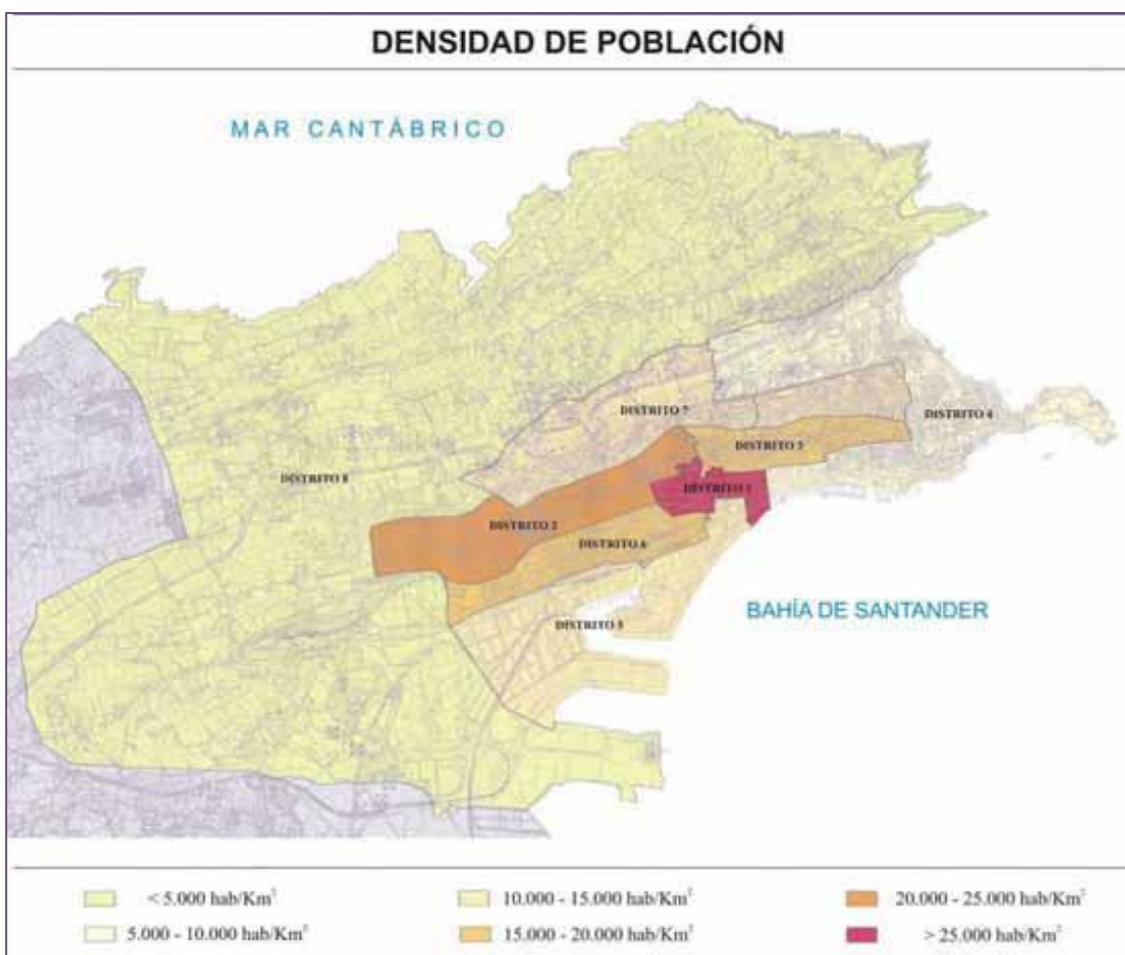


Ilustración 7 - Mapa de densidad de población (Fuente: Plan General de Ordenación Urbana de Santander)

A nivel general la cantidad de población en el municipio ha permanecido prácticamente constante en la última década, aunque se ha experimentado una ligera disminución en los últimos años ocasionada por los procesos de periurbanización y dispersión urbana presentes en muchas otras ciudades españolas (véase Tabla 2, ilustración 9).



Año	Población
2001	180.717
2004	183.799
2005	183.955
2006	182.926
2007	181.802
2008	182.302
2009	182754
2010	181639
2011	179994
2012	178659
2013	177383
2014	175736

Tabla 2 - Población Santander (Fuente: ICANE)



Ilustración 8 - Gráfica de evolución de la población en Santander (fuente: ICANE)

4.1.1.3. Transportes

Como en la mayoría de las ciudades de nuestro entorno, hoy en día, el principal modo de transporte es el vehículo privado motorizado. En el caso particular de Santander, los desplazamientos en bus y a pie también tienen un porcentaje importante dentro de la movilidad urbana.

Las infraestructuras disponibles en la ciudad de cara a la conexión tanto con el resto de la provincia como con el resto del país, han mejorado notablemente en la última década. De forma especial en lo que se refiere a los viales que conectan con la autovía del Cantábrico como, por ejemplo, la autovía S-20. Estos han permitido que gran parte del tráfico procedente del sur y del este de Cantabria que sólo tenían una forma de llegar a Santander a través de la entrada de la zona sur de la ciudad



(donde se concentra el tráfico portuario), tengan otra forma de acceso a la ciudad. Otra obra importante a este respecto es la Ronda de la Bahía, que ha ayudado también a descongestionar la entrada sur de la ciudad, mejorando notablemente la circulación en los viales de la ciudad que dan paso a esta entrada (ver Ilustración 10).

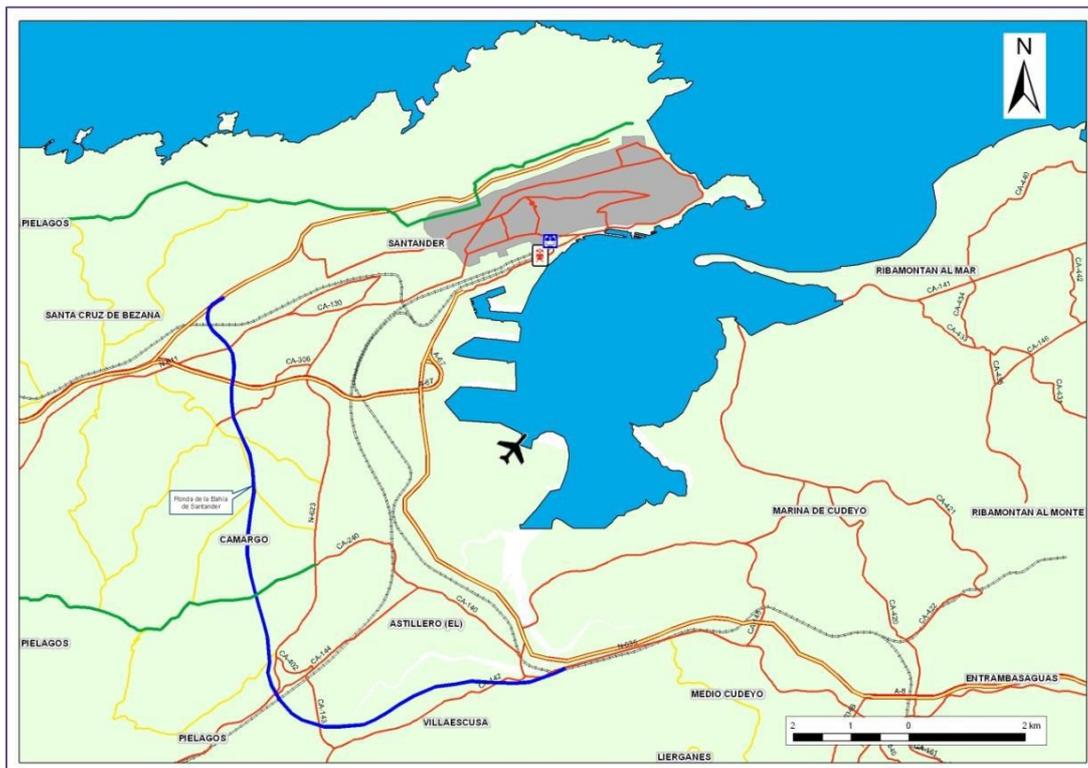


Ilustración 9 - Mapa de la red de transporte de Santander (Fuente: GIST)

Otra forma de acceder a la ciudad es mediante el transporte público, bien sea en bus interurbano o bien en ferrocarril. La Estación Municipal de Autobuses y las estaciones ferroviarias de RENFE y FEVE se encuentran concentradas en el mismo punto de la ciudad, facilitando en todo momento la intermodalidad entre ambos modos de transporte. Además, el transporte público urbano de Santander conecta esta área con el resto de la ciudad mediante servicios diarios de bus. A pie también se puede acceder al centro de la ciudad, caminando, a través del Pasaje de Peña, que conecta directamente esta área intermodal con el Ayto. de Santander.

La Estación Municipal de Autobuses da servicio diariamente a 810 autobuses, de ellos 460 son de cercanías o regionales, mientras que 350 son de medio o largo recorrido (incluyendo viajes internacionales).

FEVE dispone de tres líneas, una en dirección a Bilbao, otra hacia Oviedo y otra hacia Liérganes, mientras que RENFE presenta servicios de cercanías hasta Reinosa, en el límite provincial, así como transporte de largo recorrido hasta distintas provincias del interior como Valladolid y Madrid.

El transporte público de esta ciudad está formado, actualmente, por 22 líneas; 6 de esas líneas son circulares (5C1, 5C2, 6C1, 6C2, 7C1 y 7C2) pudiendo ser agrupadas en 3 líneas, ya que realizan el mismo trayecto, pero en sentido contrario. Además, cuenta con 3 líneas de servicio nocturno que funcionan los viernes y los sábados. Mediante este conjunto de líneas se consigue dar cobertura a prácticamente todo el territorio de esta ciudad.

En la actualidad, prácticamente la totalidad de la población de Santander tiene disponible una parada de bus a una distancia máxima de 300 metros (ver Ilustración 11).

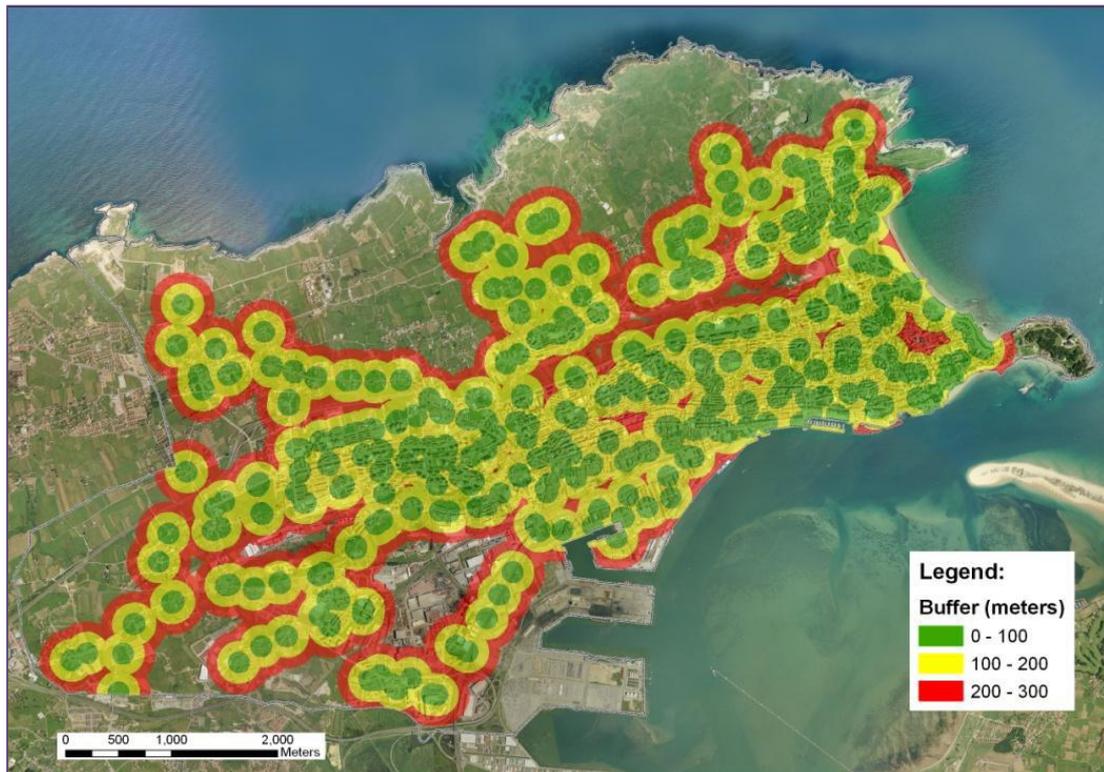


Ilustración 10 - Mapa de localización de las paradas del TUS (Fuente: GIST)

En cuanto al reparto modal de Santander, actualmente el modo de transporte principal es el coche, que tiene asociada casi la mitad de los viajes diarios de la ciudad. La segunda forma más común de desplazarse en la ciudad es el modo a pie, con un 36%, mientras que el bus es utilizado en el 14% de los casos.

4.2. Recolección de Datos

4.2.1. Introducción

Para poder estimar los modelos de econométricos oportunos es necesario contar con un conjunto de datos que sirva de base para dicha estimación. Ese conjunto de datos se ha recolectado mediante una encuesta. Tanto el diseño de

encuesta como el tamaño muestral de la misma se definirán en función de los objetivos del estudio y de los recursos disponibles.

En la fase previa al diseño de la encuesta es fundamental fijar los objetivos y la información que se necesita obtener de la misma. Una vez fijados los objetivos será factible determinar la tipología de encuesta que mejor se ajusta a los objetivos perseguidos.

Con el fin de realizar un estudio lo más completo posible se han realizado encuestas sobre todo el territorio de la ciudad de Santander, obteniendo datos a lo largo de toda la ciudad. Como se puede observar en el plano que se presenta a continuación, las zonas (en porcentaje) donde más encuestas se han realizado sobre el total de la muestra de hogares se corresponden a aquellas zonas postales con una mayor extensión territorial y zonas residenciales donde se concentra el mayor número de habitantes dentro del conjunto poblacional de la ciudad de Santander. Estos códigos postales son el 39011, 39012 y 39006 con un 23%, 14% y 9 % de hogares encuestados sobre el total de la muestra (véanse Ilustraciones 12 y 13).

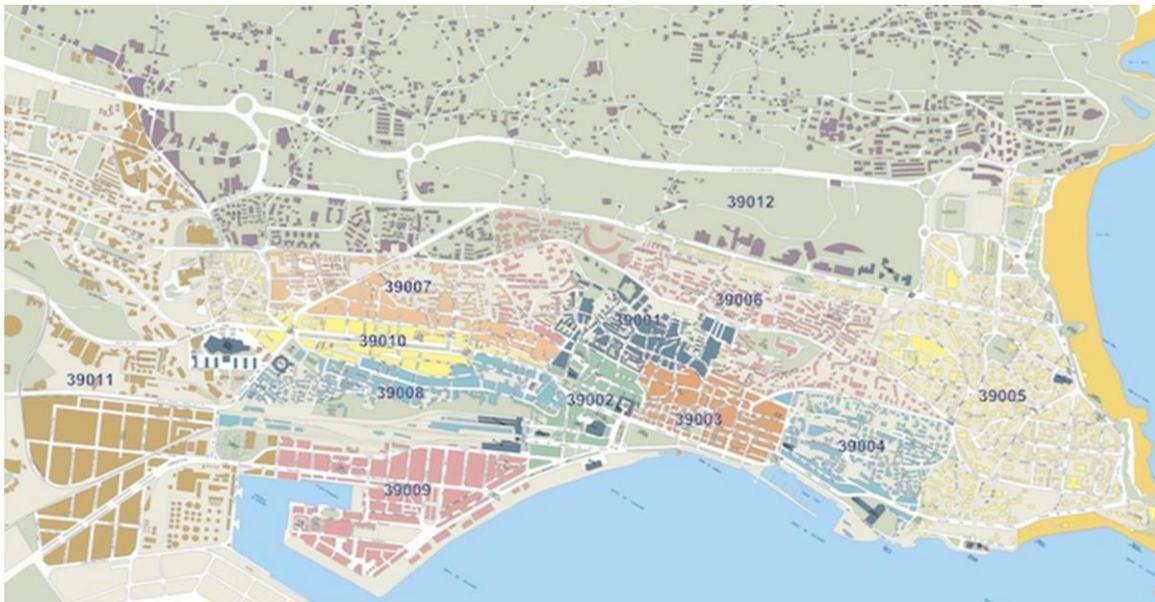


Ilustración 11 - Representación de los códigos postales de la ciudad de Santander (Fuente: GIST)

Por otro lado, las localizaciones donde se ha efectuado un menor número de encuestas se corresponden con las áreas más céntricas de la ciudad donde se concentran las actividades comerciales, administrativas y de servicios, pero donde realmente el contingente poblacional es menor. Estos códigos postales se corresponden con el 39004 y 39002 con una representación aproximada del 2 % sobre el total de la muestra.

La distribución del resto de localizaciones es homogénea entre el 7 % y 8% con respecto de códigos postales encuestados (véase Ilustración 13).

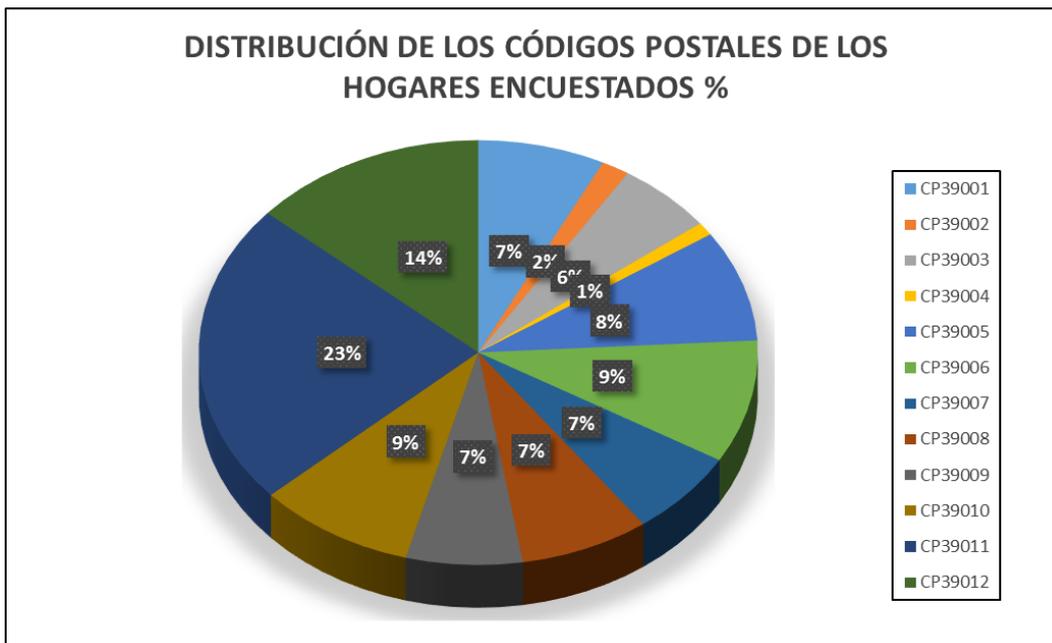


Ilustración 12 - Distribución de códigos postales de los hogares encuestados.

4.2.2. Tamaño Muestral

Para la definición del tamaño muestral se cuenta con la teoría estadística de muestreo, definiendo en base a los errores asumibles por el estudio, la cantidad de datos necesarios (muestra) para que los resultados obtenidos sean estadísticamente significativos de la población total de estudio.

Se ha encuestado una muestra total de 801 hogares de 3000 cartas enviadas consiguiendo un total de 1655 individuos encuestados mayores de 12 años y 4646 viajes recogidos en los Diarios de Viaje (véase Tabla 3).

TABLA RESUMEN

hogares	801
personas	1655
viajes	4646
viajes/personas	2,81
viajes/hogar	5,80
personas/hogar	2,07
Mujeres	877
Hombres	777

Tabla 3 – Resumen Encuestas (Fuente: GIST)



Como datos destacables hay que mencionar 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.

El cálculo del tamaño de la muestra necesaria para la obtención de los datos necesarios se ha basado en la fórmula expresada en el apartado 3.2.1.2.

4.2.3. Diseño de la Encuesta

La encuesta que se planteó para la caracterización de la movilidad diaria de los habitantes de Santander consta de 3 partes claramente diferenciadas:

Una primera parte en la que se recogen unas breves orientaciones para cumplimentar el cuestionario.

Una segunda parte a cumplimentar por el cabeza de familia, donde se recogen:

- Datos de caracterización de la persona (Información sobre la persona del hogar).
- Datos sobre la caracterización de los vehículos (Información sobre los vehículos).
- Diario de Viajes con información acerca de los viajes realizados en un día laborable, de martes a jueves.

Por último, una tercera parte dirigida a cada uno de los miembros del hogar mayor de 12 años de edad que contiene:

- Datos de caracterización de la persona (Información sobre la persona del hogar).
- Diario de Viajes con información acerca de los viajes realizados en un día laborable, de martes a jueves.

A continuación, se presenta el cuestionario original que ha sido diseñado.



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 utiliza/n (nombre de pila) _____

Tipo de vehículo: Coche Furgoneta Moto Otros

Tipo de aparcamiento en el lugar de residencia: Garaje en vivienda Libre en la calle Zona OLA Otros

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

Miembros del hogar que lo utiliza/n (nombre de pila) _____

Tipo de vehículo: Coche Furgoneta Moto Otros

Tipo de aparcamiento en el lugar de residencia: Garaje en vivienda Libre en la calle Zona OLA Otros

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

Miembros del hogar que lo utiliza/n (nombre de pila) _____

Tipo de vehículo: Coche Furgoneta Moto Otros

Tipo de aparcamiento en el lugar de residencia: Garaje en vivienda Libre en la calle Zona OLA Otros

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

Miembros del hogar que lo utiliza/n (nombre de pila) _____

Tipo de vehículo: Coche Furgoneta Moto Otros

Tipo de aparcamiento en el lugar de residencia: Garaje en vivienda Libre en la calle Zona OLA Otros

ENCUESTA DE VIAJES

ENCUESTA DE VIAJES

A RELLENAR POR EL CABEZA DE FAMILIA

INFORMACIÓN SOBRE LAS PERSONAS DEL HOGAR

1. Nombre de pila o identificación de la persona _____

2. Sexo Varón Mujer

3. 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 ≤ 600 €/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 aparece en zona OLA?
 Diariamente Semanalmente Mensualmente Nunca

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

13. ¿Dispone de tarjeta de TUSBIC (Bicicleta pública)?
 No Sí
 Cuál _____



ENCUESTA DE VIAJES

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

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

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

Clave para rellenar el diario de viajes:
 El Sr. Pérez sale de su domicilio en la calle Gral. División 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 n°1: De C/ Gral. División, 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: 10 minutos. 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 n°2: Del colegio situado en la Avda. de los Castros a la calle Marqués de la Hermita, 70 (dircción del trabajo). Motivo: De 3 (llevar al colegio) a 2 (trabajo). Modo de transporte: 5 (coche conduciendo). Número de ocupantes: (uno). Lugar de aparcamiento: (Marques 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" hasta las 9:20h, el viaje siguiente, en este caso el viaje "n+1" debería empezar a esa misma hora, las 9:20 h si entre el viaje "n" y el "n+1" 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	Modo de transporte	Número de ocupantes	Lugar de aparcamiento	Tipo de aparcamiento	Hora de inicio	Hora de llegada	Hora hasta que se queda en destino	Tiempo de búsqueda de aparcamiento	Modos de transporte disponibles	Frecuencia del viaje
			(Justo antes de salir y luego "A") El motivo de llegada, "A" en un viaje será el motivo de salida. "C" ("C") en el siguiente viaje)	utilizado	del vehículo (en caso de modo coche)	(en caso de modo coche)	del viaje (incluyendo coche a utilizar)	(en caso de modo coche)	de inicio del viaje	al destino	que se queda en destino	(en caso de modo coche)	(para realizar ese viaje)
1	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	Calle o lugar de aparcamiento _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
2	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
3	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
4	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
5	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
6	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
7	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
8	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)
9	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	C/ _____ Nº _____ Localidad _____	De: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8: A: 1: 2: 3: 4: 5: 6: 7: 8:	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 6. Coche (conduciendo) 7. Coche (acompañante) 8. Taxi 9. Autobús 10. Tren	C/ o Lugar _____	1. Libre (gratuito) 2. OLA 3. Subterráneo 4. Aparcamiento vivienda	De 0 a 24 h (A la hora que salió "A", 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 (Aparcamiento)	1. A pie 2. A pie usando fúnicular o asc. 3. Bicicleta 4. Bicicleta pública 5. Metro 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 cobrado esta vez)

Ilustración 13 - Diseño de cuestionario de Encuesta Domiciliaria de Movilidad 2015 (Fuente: GIST)



4.2.3.1. Elección de variables

La elección de variables se ha realizado mediante el uso de dos fuentes de información.

Por una parte, se ha recurrido a la bibliografía existente de forma internacional.

Por otra parte, dado el enfoque local de la mayoría de los proyectos y artículos analizados, ha sido necesario establecer equivalencias y similitudes para el caso concreto de la ciudad de Santander.

Tras la realización del Proceso de Participación ciudadana se extrajeron las variables determinantes para el posterior diseño de una Encuesta Domiciliaria de Movilidad para la ciudad de Santander en el año 2015.

Bibliografía

Para este apartado, se han utilizado los estudios y artículos especificados en el Estado del Arte expuesto al inicio de este documento.

Las variables planteadas en la citada bibliografía son las siguientes:

- Variables de Caracterización de los usuarios:
 - Número de conductores por vivienda
 - Número de vehículos
 - Número de bicicletas
- Variables de Tiempo
 - Tiempo de viaje (cv)
- Variables de Coste Económico
 - Precio del viaje (peaje, ...)
 - Precio del tiempo
- Variables del viaje
 - Motivo del viaje (Trabajo – No Trabajo)
 - Número de usuarios por vehículo
- Motivo del viaje
- Tipo de usuarios
 - Ingreso
 - Edad
 - Sexo
- Ruta seleccionada
 - Movimientos de giro en búsqueda on-street



- Longitud de las manzanas
- Paneles de información
- Seguridad
 - Hora de salida al origen/llegada al destino
 - Tiempo de viaje origen a destino
- Coste social
 - Coste por llegar pronto
 - Coste por llegar tarde
 - Duración de tiempo
- Información a tiempo real del tráfico

Grupos Focales y Mega Grupos Focales

Los grupos focales son un sistema de investigación cualitativa basado en encuentro con un grupo de ciudadanos usuarios del sistema a analizar, en este caso, ciudadanos de Santander.

El objetivo es obtener información de los puntos de vista de los usuarios reales. En el caso particular del presente trabajo se ha recurrido a un estudio exploratorio de carácter cualitativo desarrollado mediante la técnica de Mega Grupos Focales (MGF) y Grupos Focales (GF).

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados, se han realizado dos Mega-Grupos Focales (MGF), configurados a través de las diversas asociaciones de vecinos de la ciudad. Para ello, se ha desarrollado una sesión para cada uno de los grupos citados con el fin de discutir y debatir a través de un proceso de participación social, cuales son las problemáticas del sistema de movilidad (sistema de aparcamiento, transporte público y bici) en Santander en el momento actual y, posteriormente, elaborar posibles soluciones desde la experiencia personal de cada individuo.

Para definir el orden de los participantes en los Mega Grupos Focales (Asociaciones de Vecinos de la ciudad de Santander) se ha efectuado un estudio previo y se ha visto que las características de la zona central de la ciudad y la zona periférica son completamente diferentes en cuanto a sistema de aparcamiento (Libre, OLA, Subterráneo) y, también, en cuanto a la configuración del transporte público de la ciudad. En base a esto, se ha dividido la ciudad en 2 sectores en función de este parámetro de configuración territorial.

- Grupo 1: Contiene todas las AAVV del Centro de la ciudad.
- Grupo 2: Contiene todas las AAVV de la Periferia de la ciudad.



Posteriormente, se procedió al desarrollo de los grupos focales. Concretamente se definieron 3 grupos focales distintos, tal y como se detalla a continuación:

- Grupo focal parking: El grupo focal sobre sistemas de aparcamiento en la ciudad de Santander ha estado integrado por un grupo de 7 personas.
- Grupo focal sobre transporte público: este grupo ha estado integrado por 8 personas.
- Grupo focal sobre bicicletas: integrado por 8 personas.

La información obtenida mediante este sistema de participación ciudadana ha permitido completar el número de variables definidas mediante la bibliografía existente y el formato de la encuesta de preferencias reveladas, para así, obtener una encuesta donde se determinen todos los aspectos necesarios para el caso concreto de la ciudad de Santander.

A continuación, se presentan las variables resultantes de este proceso de participación ciudadana. Dado que un gran número de las variables aportadas por los ciudadanos coinciden con los planteados en la bibliografía existente, a continuación, se presentan las variables que se han añadido a las existentes.:

- Variables grupo focal parking:
 - Tiempo de búsqueda de aparcamiento.
 - Dificultad de aparcamiento para residentes en su propia zona OLA.
 - Cercanía a otros modos de transporte (intermodalidad) -> parada de bus.
 - Día de la semana (laborable / fin de semana).
 - Cercanía / lejanía de la zona libre a la zona OLA (efecto frontera).
 - Rotación OLA / Tiempo máximo permitido en zona OLA.
 - Cercanía a zona peatonal (menos plazas de aparcamiento).
 - Nº de plazas de aparcamiento.
 - Posibilidad de compartir gastos (economía colaborativa).
 - Alta congestión de vehículos.
 - Problemas de zonas de carga y descarga.
- Variables grupo focal bus:
 - Distancia de recorrido del bus (longitud de recorrido / tiempo de recorrido).
 - Frecuencia de las líneas.
 - Tiempo previsto de paso por parada. Tiempo de espera en parada.
 - Cercanía de la parada de destino al destino final del viaje.
 - Proximidad de la parada de origen al origen del viaje.



- Ajuste de los horarios del bus a la actividad que se va a realizar (entrada a colegios, entrada a trabajos a 6 de la mañana).
 - Tipo de recorrido, pasa o no pasa por el centro.
 - Conexión con otros modos de transporte (bici, tren, transporte vertical).
 - Posibilidad de portar bicis en el bus.
 - Información en paradas y marquesinas.
 - Comodidad y confort dentro del autobús.
 - Sistema de pago.
 - Modo de acceso al autobús (puertas delantera y trasera, validación de ticket).
 - Modo de conducción.
 - Tamaño de las paradas.
 - Existencia de wifi dentro del autobús.
 - Frecuencia de las líneas.
- Variables grupo focal sobre bicis:
- Peligrosidad y conflicto con los peatones.
 - Uso indebido del carril bus por usuarios de bici.
 - Kms de carril bici
 - Recorridos del carril bici
 - Tipo de vía (calle principal, calle secundaria)
 - Nº de carriles de la vía
 - Existencia/no existencia de plazas de aparcamiento (apertura de puertas peligro para ciclistas)
 - Orientación de la infraestructura (ocio, trabajo)
 - Pendientes y elementos orográficos
 - Clima (lluvia, viento, exceso de calor).
 - Seguridad ante un posible accidente
 - Hábito de uso
 - Existencia de zonas 30
 - Normativa y regulación
 - Intermodalidad
 - Longitud del recorrido a realizar (3 km idóneo)
 - Cercanía al transporte vertical
 - Posibilidad de porte de bicicleta en transporte público
 - Nº de amarres existente
 - Distribución de los amarres existentes
 - Tipología de bicicleta (normal, plegable, eléctrica, pública)
 - Hora del día
 - Existencia de cruces y rotondas en el recorrido
 - Otros modos de transporte disponibles
 - Ubicación de puntos de toma y deje de bicis públicas
 - Nº de puntos de toma y deje de bicis públicas



- Tarifa
- Comodidad y confort

Variables Definitivas

Con las variables planteadas tanto en la bibliografía como en los grupos focales, se ha desarrollado la lista completa de las variables a valorar en la encuesta.

Debido a la gran variedad de variables a cuestionar, se agruparon las variables según el aspecto de la movilidad que definen. De esta manera se configuró el entramado de variables definitivo que aparece representado en la ilustración 15.

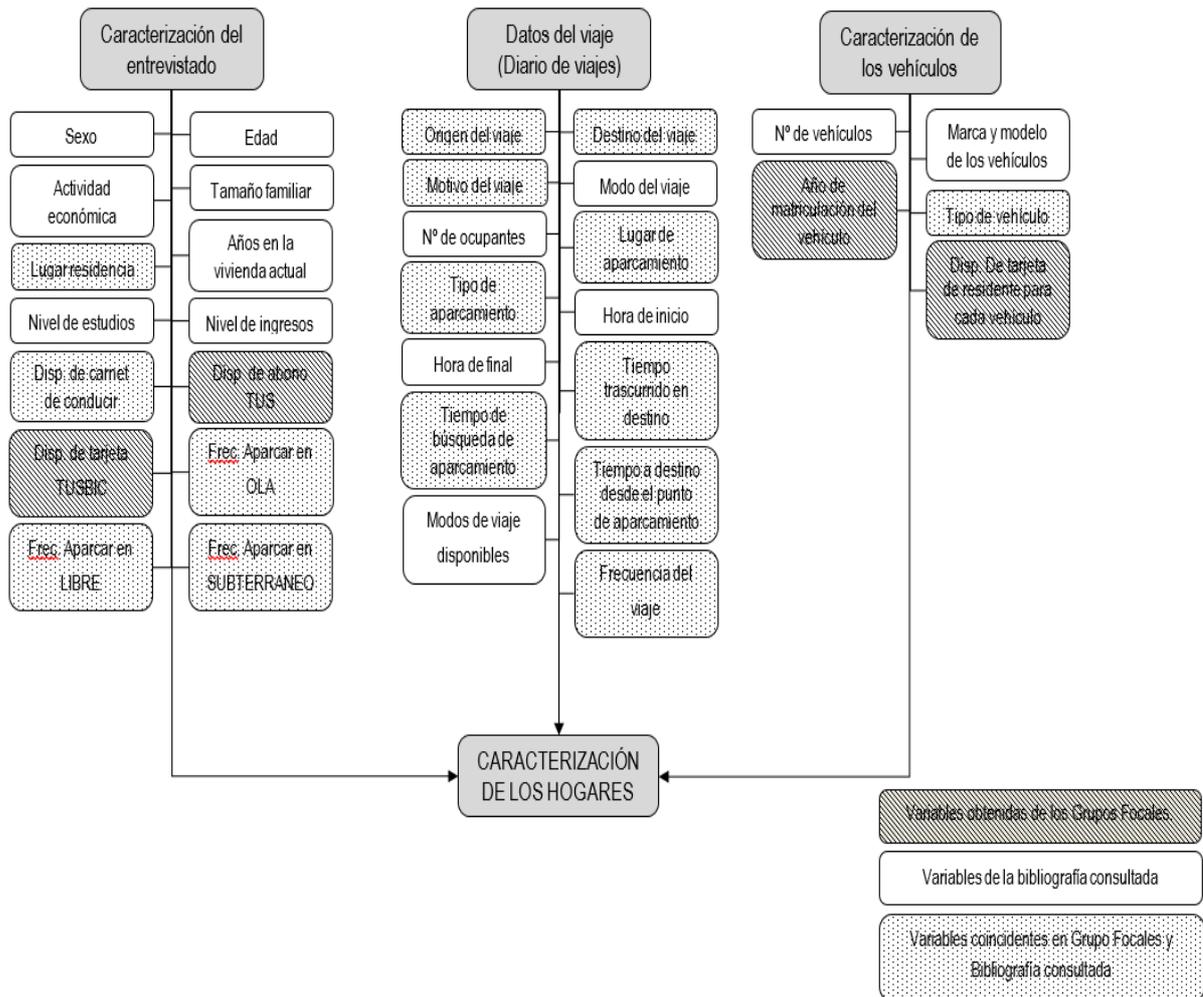


Ilustración 14 - Variables definitivas (Fuente: GIST)

4.2.3.2. Diseño de la Encuesta

Una vez finalizado el proceso de definición de las variables se procedió a la formalización de la encuesta, obteniéndose como resultado lo representado en la Ilustración 14.



4.3. Análisis estadístico de los resultados obtenidos

4.3.1. Caracterización del usuario

A continuación, se muestran todos los datos referentes a la caracterización de los usuarios, en base a los datos obtenidos en las encuestas.

Dentro de este apartado del cuestionario se han preguntado diversos aspectos de los habitantes de la ciudad de Santander. Entre estos destacan variables tales como: sexo, edad, tipología de miembro dentro del núcleo familiar, nivel y tipología de estudios, nivel de ingresos, ocupación, disponibilidad de abono TUS, y ausencia/presencia de vehículos en el hogar.

4.3.1.1. Caracterización por sexo

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 muestra efectuada para la presente Encuesta domiciliaria se acerca prácticamente al 100% de la realidad demográfica de la ciudad. En el siguiente grafico se muestran los datos de las encuestas realizadas.

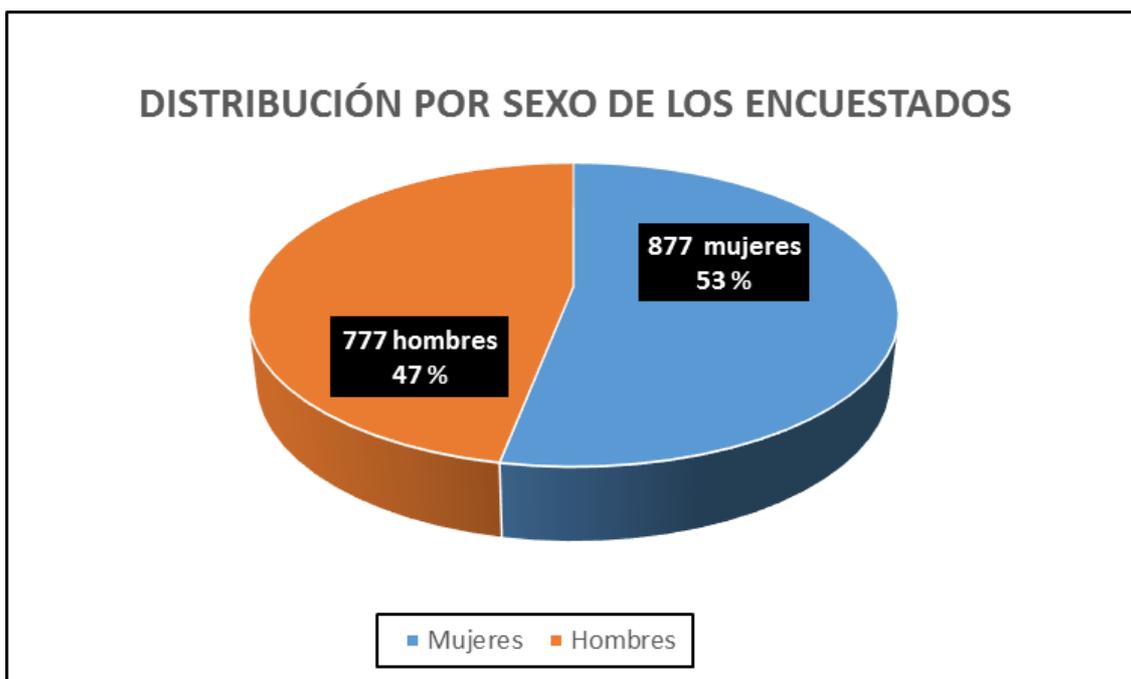


Ilustración 15 - Distribución por Sexo (Fuente: GIST)

4.3.1.2. Caracterización por rangos de edad

Mediante el análisis por edades se puede determinar si existe una determinada franja de edad donde se maximizan el número de usuarios. Las encuestas realizadas han dado como resultado lo siguiente.

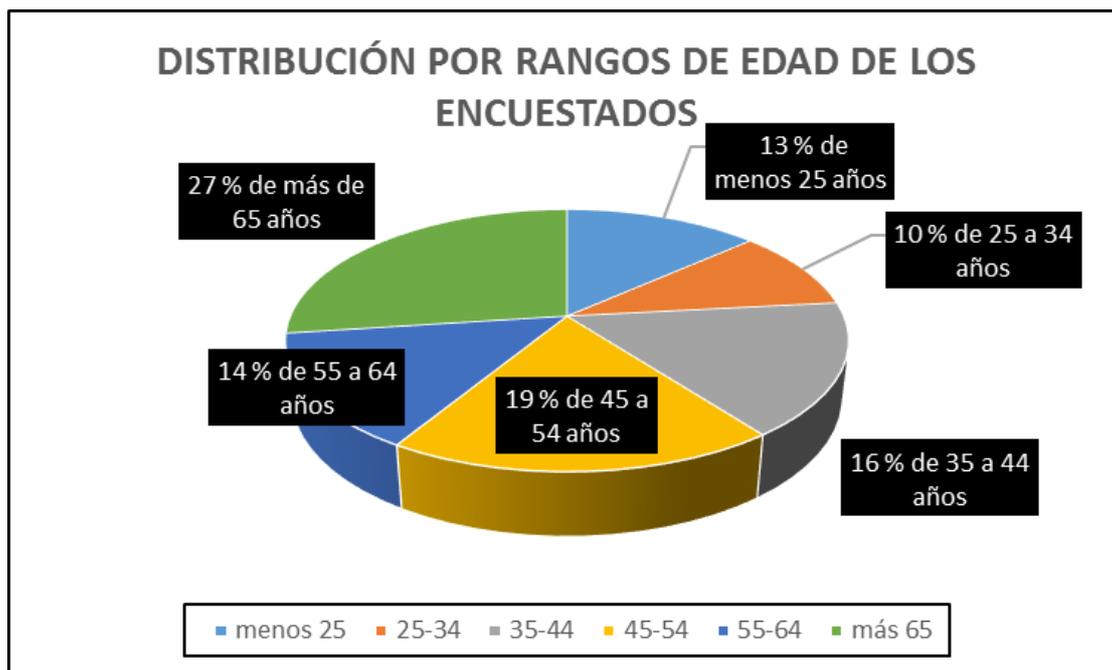


Ilustración 16 - Distribución por Edades (Fuente: GIST)

Como se puede observar, la población joven de la muestra se corresponde igualmente con la caracterización en cifras absolutas de la realidad poblacional de la ciudad, tan solo el 10 % de los encuestados (164 personas) tienen entre 25 y 34 años de edad, y tan solo el 13 % de la muestra encuestada son menores de 25 años.

Según datos oficiales del ICANE, Santander tiene una tasa de juventud inferior a la regional, 11'9% frente a un 13'5%, con un reparto heterogéneo de su proporción de jóvenes. La tasa de envejecimiento para el municipio es del 21'6%, por tanto, bastante superior a la de Cantabria, 19'3%, llegando a un 24'7% para las mujeres. Por distritos existen grandes diferencias presentándose en los distritos 5 y 6 los valores más elevados, con tasas de 25'4 % y 27'1 %, y el más bajo en el distrito 8 con un 14%.

Por lo tanto, contrastando los datos oficiales con la realidad de la muestra extraída en la presente Encuesta Domiciliaria, la muestra representa la caracterización de la población con un nivel de confianza muy óptimo.



4.3.1.3. Caracterización según la tipología de personas en el hogar

En lo referente a la tipología de personas dentro del seno familiar (miembros y cabezas de familia), cabe destacar que el 49 % de los encuestados son cabezas de familia frente al 51 % que son miembros. Hay que resaltar que los encuestados que se han tenido en cuenta en la categoría “miembros” son aquellos que tienen más de 12 años de edad.

Efectuando un análisis de la estructura de los hogares encuestados, se puede afirmar si se contrasta con cifras oficiales, que la muestra empleada reproduce exactamente la realidad de la estructura de los hogares en la ciudad de Santander. Se produce una práctica ausencia de familias extensas y aumentan el número de viviendas unifamiliares y familias reducidas con dos miembros o incluso 1 solo miembro.

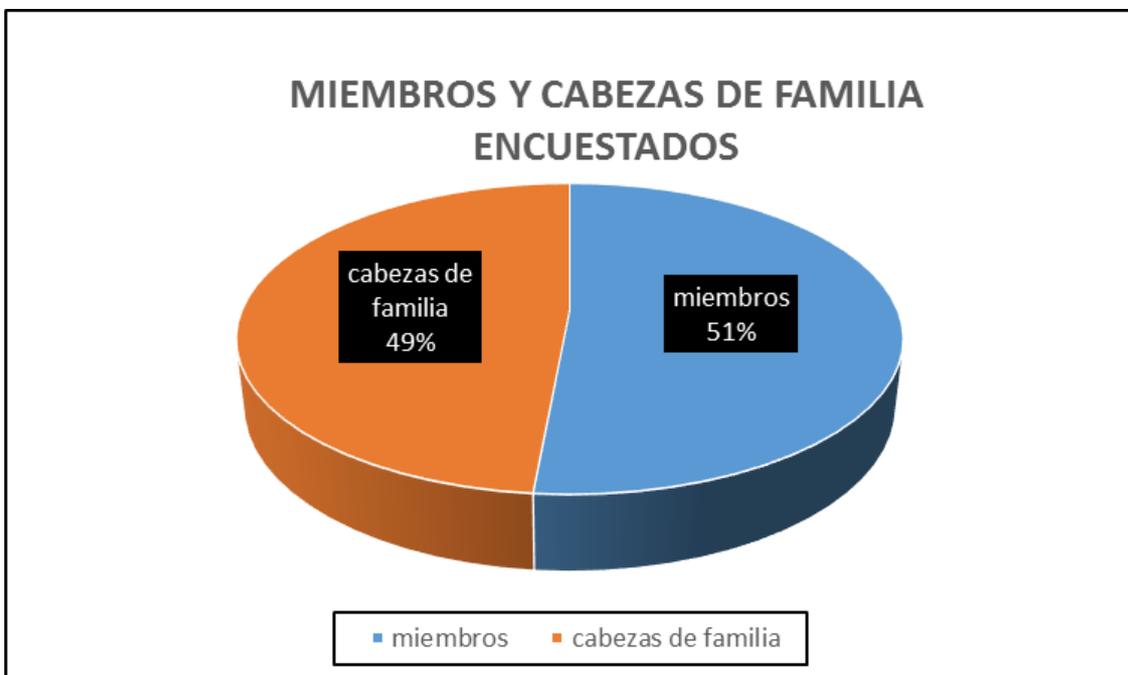


Ilustración 17 - Distribución por tipología familiar de los encuestados (Fuente: GIST)

4.3.1.4. Caracterización por nivel de estudios

A continuación, se efectúa un análisis del nivel de estudios de los encuestados (véase Ilustración 19).

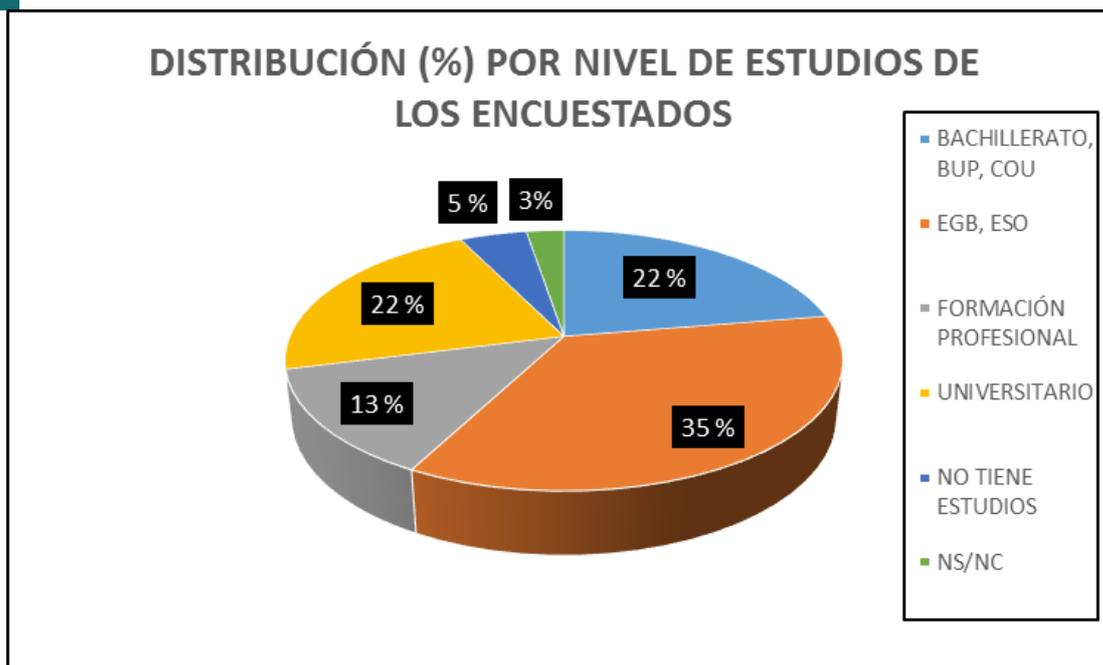


Ilustración 18 - Distribución por nivel de estudios de los encuestados (Fuente: GIST)

Como se puede observar el 35 % de la muestra entrevistada tiene el EGB (enseñanza obligatoria) con un total de 584 personas con este nivel formativo. En segundo lugar, el 22 % disponen de BACHILLER/BUP/COU aglutinando un total de 370 personas encuestadas con este nivel de cualificación.

Por otro lado, la cifra de personas con titulación universitaria dentro de la muestra encuestada oscila a un total de 360 personas (el 22 % de la muestra) y aquellos que cuentan con FP representan el 13 % de la muestra total.

Por último, destacar que el 5 % de los encuestados no tienen estudios reconocidos y el 3 % de los mismos no contestan a esta cuestión.

4.3.1.5. Caracterización por la jornada laboral

En cuanto a la caracterización de los encuestados en base a su jornada laboral, cabe destacar que la gran mayoría de los trabajadores en activo desempeñan una jornada laboral a tiempo completo (501 encuestados), frente a una minoría que trabajan a jornada parcial (127 encuestados) y de manera puntual (tan solo 32 encuestados). En la figura siguiente podemos observar dicho reparto en términos porcentuales.



DISTRIBUCIÓN (%) DE JORNADAS DE LOS
ENCUESTADOS EN ACTIVO.

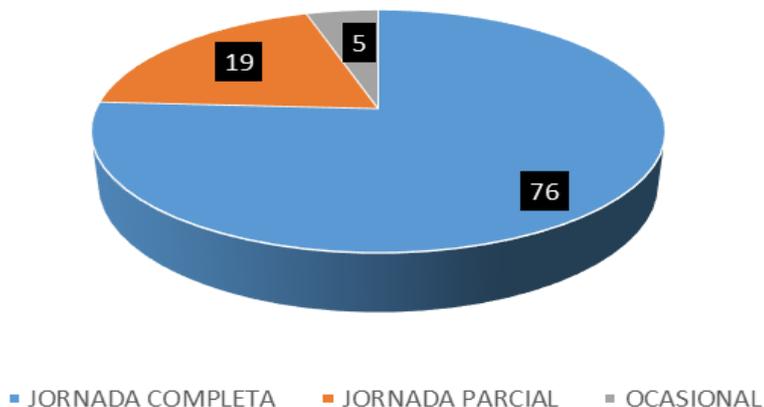


Ilustración 19 - Distribución por jornada laboral de los empleados (%) (Fuente: GIST)

4.3.1.6. Análisis por estado laboral

El análisis del estado laboral sirve para establecer el rango de actividades realizadas por los usuarios. Analizando la caracterización de los encuestados en base a la tipología de ocupación de los mismos, 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.

DISTRIBUCIÓN (%) POR TIPO DE OCUPACIÓN DE
LOS ENCUESTADOS

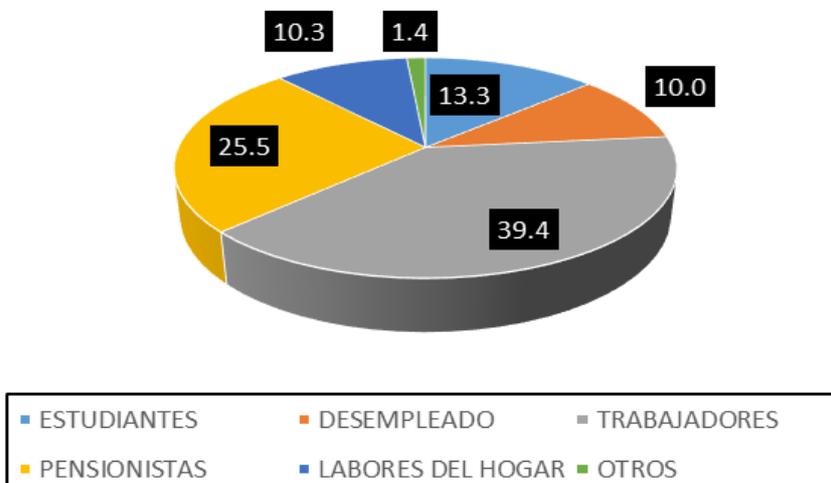


Ilustración 20 - Distribución por Estado Laboral (Fuente: GIST)



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.

4.3.1.7. Caracterización por nivel de ingresos

Un aspecto de vital relevancia en la caracterización de los hogares encuestados se corresponde con el nivel de ingresos de los miembros del hogar (Ilustración 22).

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. 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.

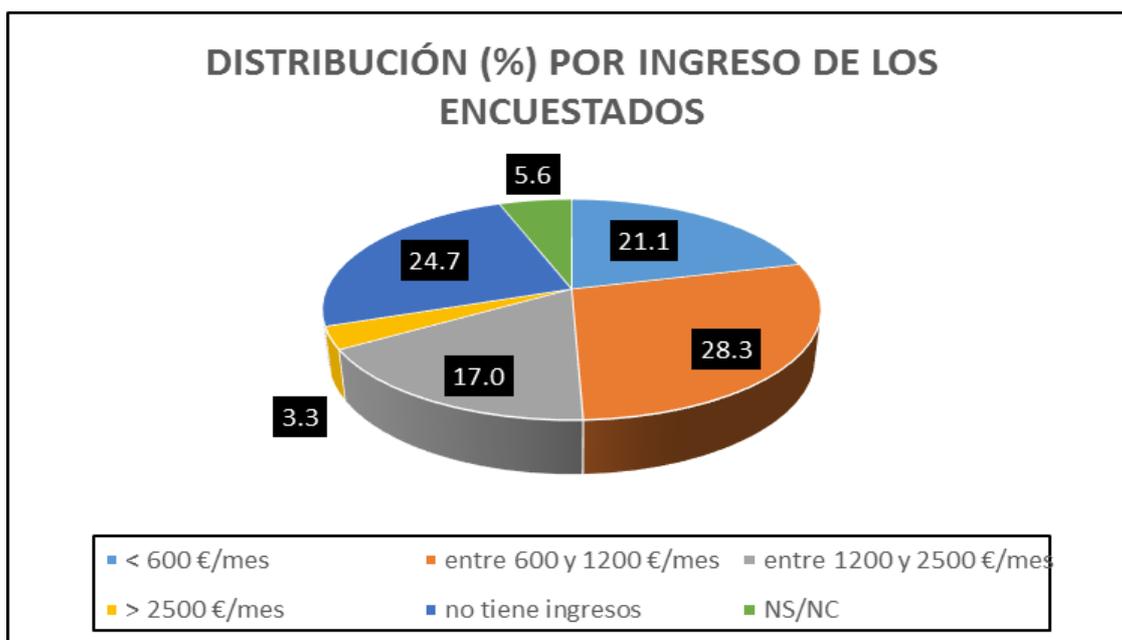


Ilustración 21 - Distribución en % del nivel de ingreso de los encuestados (Fuente: GIST)

4.3.1.8. Análisis sobre la posesión de carnet de conducir y vehículo en el hogar

En cuanto a la ausencia/presencia de personas con carnet 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.



DISTRIBUCIÓN POR DISPONIBILIDAD DE CARNET DE CONDUCIR DE LOS ENCUESTADOS

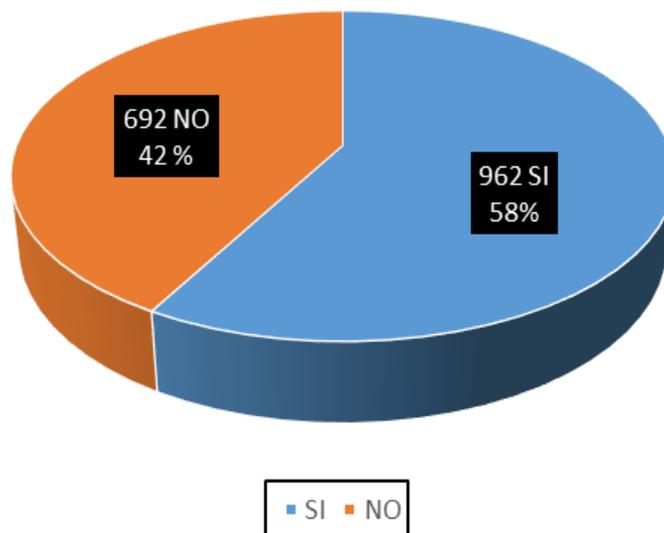


Ilustración 22 - Distribución de Carnet de Conducir (Fuente: GIST)

DISTRIBUCIÓN POR AUSENCIA O PRESENCIA DE VEHÍCULOS EN EL HOGAR DE LOS ENCUESTADOS

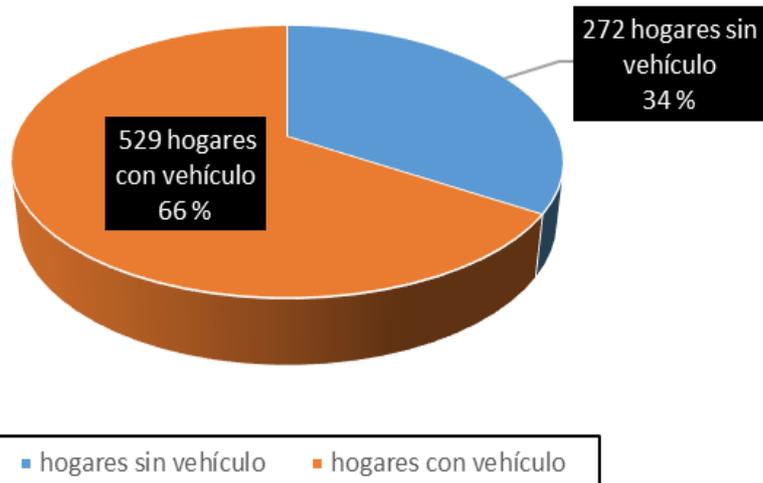


Ilustración 23 - Distribución de Posesión de Vehículo Propio (Fuente: GIST)

Como se puede observar, el 66 % de la muestra de hogares encuestados (529 domicilios) disponen de vehículo en el núcleo familiar, frente al 34 % (272 personas) sin turismo en el hogar.

4.3.1.9. Caracterización por disponibilidad de abono TUS

Por otro lado, fijando la atención en la disposición de abono TUS de los encuestados, cabe destacar que el 60 % (994 encuestados) de los mismos no disponen de este tipo de abono frente al 40 % (660 encuestados) que si lo tienen.

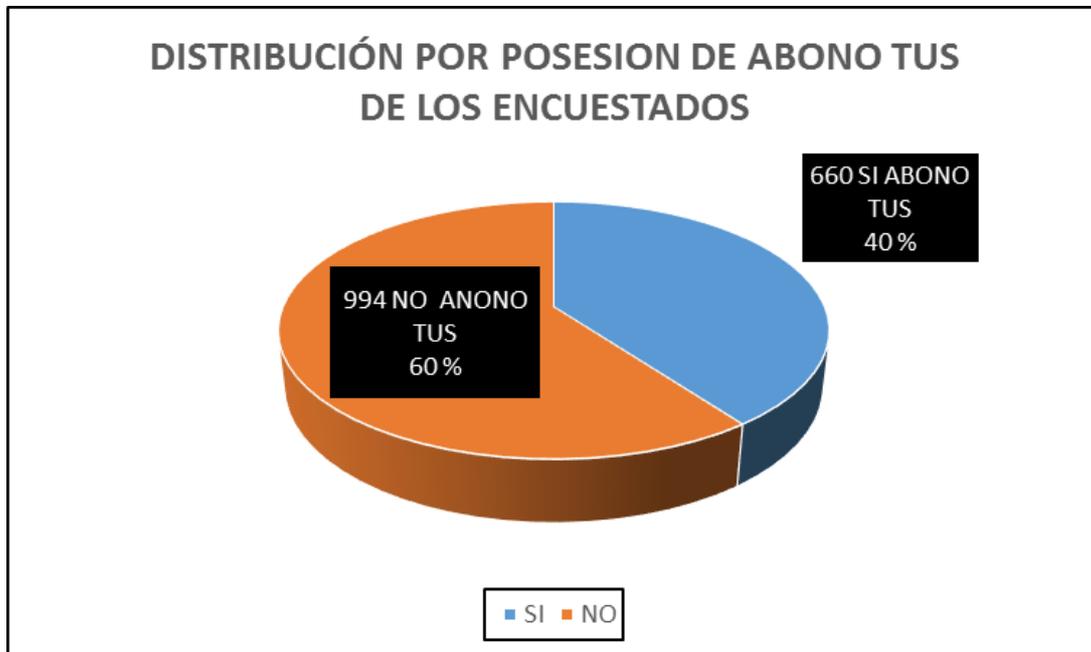


Ilustración 24 - Distribución por posesión de abono TUS de los encuestados (Fuente: GIST)

4.3.1.10. Conclusiones

En el análisis referido a la caracterización de las personas encuestadas (1655 encuestados) se concluyen los siguientes aspectos:

- Estos códigos postales que cuentan con mayor representatividad son el 39011, 39012 y 39006 con un 23%, 14% y 9 % de hogares encuestados sobre el total de la muestra.
- 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).
- El 60 % de los encuestados son mayores de 45 años, donde el 27 % de los mismos tiene más de 65 años de edad.
- El 49 % de los encuestados son cabezas de familia frente al 51 % que son miembros.



- El 35 % de la muestra entrevistada tiene el EGB (enseñanza obligatoria), el 22 % disponen de BACHILLER/BUP/COU, el 22 % de la muestra tienen una titulación universitaria y aquellos que cuentan con FP representan el 13 % de la muestra total.
- 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.
- El 39.4 % de los encuestados son trabajadores, el 25.5 % son pensionistas, el 10.3 % son amas de casa, el 13.3 % son estudiantes y el 10 % entran dentro de la categoría de desempleados.
- El 28.3 % de los encuestados disponen de unos ingresos mensuales de entre 600 y 1200 €/mes, el 17 % tienen ingresos de entre 1200 y 2500 €/mes, el 24.7 % de los no tienen ingresos mensuales y tan solo un 3.3 % de los entrevistados tienen ingresos superiores a 2500 € mensuales.
- El 58 % de la muestra encuestada si dispone de carnet de conducir mientras que el 42 % de los mismos no disponen de este permiso.
- El 60 % de los encuestados no disponen de abono TUS frente al 40 % que si lo tienen.
- El 66 % de la muestra de hogares encuestados disponen de vehículo frente al 34 % sin turismo en el hogar.

4.3.2. Caracterización de los viajes

A continuación, se efectuará un análisis de los datos obtenidos en el diario de viajes haciendo referencia al reparto modal de los viajes efectuados por los encuestados.

4.3.2.1. Caracterización del número de viajes por modo de los encuestados

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 (ver en la tabla 4 e ilustraciones 26 y 27):

- 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” (629 viajes efectuados 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 (23 viajes).
- El 0.5 % de los viajes efectuados han sido en escaleras mecánicas o funiculares.
- 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.

<i>MODOS DE TRANSPORTE</i>	<i>%</i>	<i>nº viajes totales</i>
<i>a pie</i>	41.8	1933
<i>a pie usando funicular o escaleras mecánicas</i>	0.5	24
<i>bicicleta</i>	0.5	23
<i>bicicleta pública</i>	0.0	0
<i>moto</i>	2.6	118
<i>coche (conduciendo)</i>	31.8	1468
<i>coche (acompañante)</i>	8.0	371
<i>taxi</i>	0.4	19
<i>autobús</i>	13.6	629
<i>tren</i>	0.8	38
VIAJES TOTALES	100	4623

Tabla 4 – Número de viajes por modos de transporte (Fuente: GIST)



DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE VIAJES REALIZADOS POR MODO DE LOS ENCUESTADOS

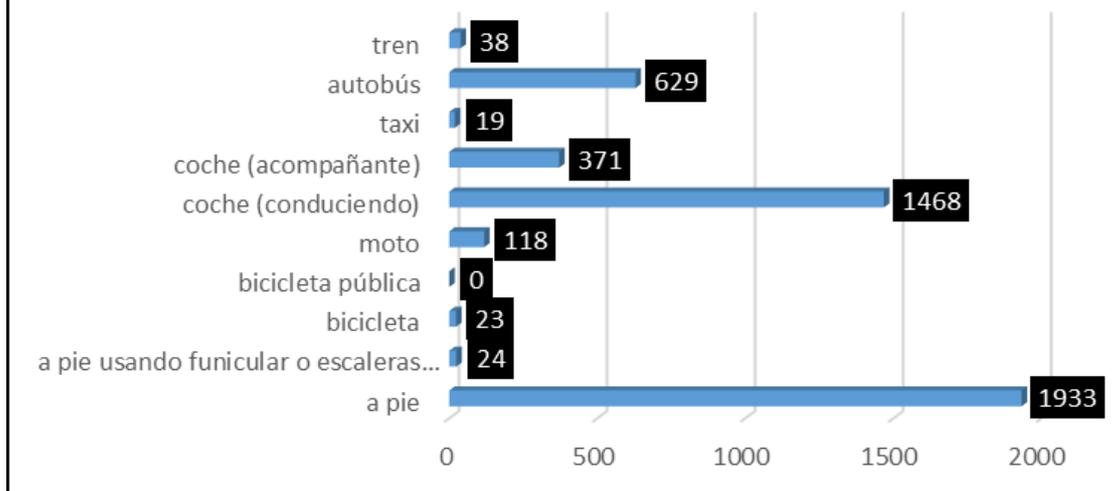


Ilustración 25 - Número de viajes totales realizados por modo de transporte (Fuente: GIST)

% DEL NÚMERO DE VIAJES REALIZADOS POR MODO UTILIZADO.

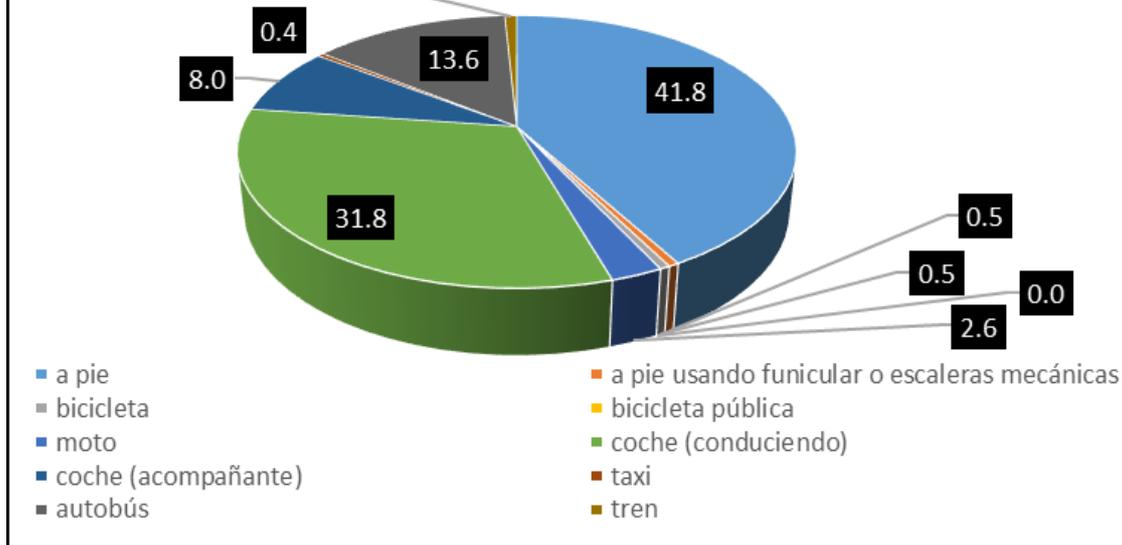


Ilustración 26 - % de viajes totales realizados por modo de transporte (Fuente: GIST)

Efectuando un análisis del reparto modal por modos agregados (véase tabla 5) se puede observar como el 42.3 % de los viajes se han efectuado a pie o a pie más funicular, 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.



Resumen reparto modal de los encuestados %

<i>a pie+ a pie funicular</i>	42.3
<i>coche + coche acompañante +moto+ taxi</i>	42.7
<i>bus</i>	13.6
<i>bici</i>	0.5
<i>tren (otros)</i>	0.8

Tabla 5 – Resumen del reparto modal de los encuestados (Fuente: GIST)

Por último, en cuanto a los viajes de carácter interurbano (véase tabla 6) casi el 49 % de los viajes de carácter interurbano recogidos en la encuesta domiciliaria se han efectuado a pie (1902 viajes) y api usando funicular o escaleras mecánicas el 0.6 % del total de viajes. Destacar que para el modo bici, todos los viajes efectuados han sido de carácter interurbano.

Por otro lado, se han efectuado 108 viajes en modo motocicleta de carácter interurbano (2.8 %), 24.9 % en coche conduciendo (968 viajes) y 6.5 % de viajes en coche (acompañante). Tan solo se han realizado 15 viajes en taxi dentro de la ciudad (0.4 %) y 600 viajes en modo bus urbano que han supuesto el 15.4 % de los viajes recogidos dentro de esta categoría.

VIAJES INTERURBANOS (DE SANTANDER-SANTANDER)

MODOS	nº viajes	%
A PIE	1902	48.9
A PIE USANDO FUNICULAR O ESCALERAS MECÁNICAS	24	0.6
BICICLETA	19	0.5
BICICLETA PÚBLICA	0	0.0
MOTO	108	2.8
COCHE (CONDUCIENDO)	968	24.9
COCHE (ACOMPÑANTE)	254	6.5
TAXI	15	0.4
AUTOBÚS	600	15.4
	3890	100

Tabla 6 – Reparto modal de los encuestados en viajes interurbanos (Fuente: GIST)

4.3.2.2. Conclusiones

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 (véase tabla 5 e ilustraciones 26 y 27):



- 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” (629 viajes efectuados 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 (23 viajes).
- El 0.5 % de los viajes efectuados han sido en escaleras mecánicas o funiculares.
- 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.

4.4. Modelos de Viajes

A continuación, se presentan los modelos estimados para calcular la probabilidad de realizar 0, 1 ó 2 o más viajes.

4.4.1. Consideraciones Generales

En primera instancia, con el objetivo de poder entender los modelos, se realizará una breve explicación de las variables que afectan a los modelos, explicando el significado de cada uno y los valores que estos pueden adquirir.

En la siguiente tabla se muestran las variables de caracterización, tal y como se ha expuesto en apartados anteriores (véase capítulo 4.2.3), obteniendo n-1 variables Dummy, siendo n el número total de respuestas posibles a esa pregunta.



VARIABLE	DESCRIPCIÓN
CH_HBW	Variable choice = 1 según el individuo haya elegido (0,1 o 2+) viajes basados en el hogar por trabajo
CH_HBS	Variable choice = 1 según el individuo haya elegido (0,1 o 2+) viajes basados en el hogar por estudios
CH_HBO	Variable choice = 1 según el individuo haya elegido (0,1 o 2+) viajes basados en el hogar por “otros”
CH_NHB	Variable choice = 1 según el individuo haya elegido (0,1 o 2+) viajes no basados en el hogar
SEX	Sexo (1=Mujer; 0=Hombre)
INC	Descripción Ingresos
DIN_NC	Dummy NS/NC ingresos
DIN_N	Dummy sin ingresos
DIN6	Dummy ingresos <600 €
DIN612	Dummy ingresos 600-1200€
DIN1225	Dummy ingresos 1200-2500€
DIN25	Dummy ingresos >2500€
AGE	Edad
AGE2	Edad al cuadrado
WORK	Descripción trabajo
STUD	Descripción estudios
D_LIC	Dummy Licencia conducir (1=dispone)
VEHO	Número de vehículos en su hogar
CARAV	Dummy disponibilidad de licencia de conducir y coche en el hogar
DWORK	Dummy trabajador
DSTUD	Dummy estudiante
N_HBW	Número de viajes total realizado por el individuo basados en el hogar por trabajo
N_HBS	Número de viajes total realizado por el individuo basados en el hogar por estudios
N_HBO	Número de viajes total realizado por el individuo basados en el hogar por “otros”
N_NHB	Número de viajes total realizado por el individuo NO basados en el hogar
N_NHBW	Número de viajes total realizado por el individuo NO basados en el hogar por trabajo
N_NHBS	Número de viajes total realizado por el individuo NO basados en el hogar por estudios



N_NHBO	Número de viajes total realizado por el individuo NO basados en el hogar por otros
N_NNHB	Número de viajes total realizado por el individuo no basados en el hogar
NOHBW	Número de viajes de otros miembros del hogar basados en el hogar por trabajo
NOHBS	Número de viajes de otros miembros del hogar basados en el hogar por estudios
NOHBO	Número de viajes de otros miembros del hogar basados en el hogar por otros motivos
NONHB	Número de viajes de otros miembros del hogar no basados en el hogar
PDS	Numero elecciones hogar
PDS2	Numero individuos hogar
ZONE	Zona del hogar
ACC_D	Dummy centro urbano (ZONAS: 1,2,7,54,55,56,68)
ACC_DIS	Distancia en KMS del hogar al centro urbano (Centroide ZONA=1) en coche

Tabla 7 – Descripción de las variables contenidas en la base de datos (Fuente: GIST)

Un aspecto a tener en cuenta es que, en la descripción y análisis de los distintos modelos obtenidos que se realizará a continuación, el subíndice 0, 1 ó 2 que acompaña a cada variable es un indicativo de a que alternativa pertenece la variable definida, de modo que en función del subíndice que lleve adherido la variable estará asociada a la alternativa de realizar 0, 1 ó 2 o más viajes.

Antes de proceder a la presentación y análisis de los modelos obtenidos en el desarrollo del presente proyecto, se debe comentar algunos aspectos y pautas adoptadas previa a su obtención. De esta manera, se ha diferenciado entre dos tipologías distintas de modelos.

Una primera tipología son los modelos que podríamos denominar “más parsimoniosos” los cuales aparecen representados o definidos por variables de fácil obtención y deducción, como son la disponibilidad de coche, de carnet de conducir, el ser estudiante o no, etc. Se trata de modelos muy prácticos a la hora de trabajar con ellos pero que presentan ajustes no muy aceptables, tal y como veremos a continuación.

La segunda tipología de modelos que denominaremos “menos parsimoniosos” son aquellos definidos por variables que son difíciles de predecir o deducir en la práctica, tales como el número total de viajes basados en el hogar por trabajo realizados por el individuo, el número total de viajes no basados en el hogar por trabajo realizados por el individuo, etc. Estos modelos presentan ajustes excelentes, sin embargo, son difíciles de aplicar a la realidad por lo que decíamos anteriormente.

Los modelos 1, 2 y 3 que se presenta a continuación pertenece a la primera tipología descrita, mientras que el modelo 4 lo hace a la segunda.



También debe tenerse en cuenta que el ajuste mediante el parámetro R^2 se ha definido en comparación con dos modelos distintos. El primero es el modelo de solo constantes cuya log-verosimilitud es de -767.1435 y, el segundo, el modelo equiprobable cuya log-verosimilitud es de -1817.1047. De esta manera analizamos la veracidad de nuestro modelo en comparativa con los modelos más básicos y sencillos posibles.

4.4.2. Modelo 1

Los resultados obtenidos para el modelo 1 son los siguientes:

CH_T	Coeficiente	Desviación Estandar	z	Prob z >Z*	Intervalo de Confianza al 95%	
CONS (0)	-1.8237***	0.2451	-7.4400	0.0000	-2.3042	-1.3433
AGE2 (0)	0.0002***	0.4461	4.9500	0.0000	0.0001	0.0003
D_LIC (0)	-0.8615***	0.1744	-4.9400	0.0000	-1.2033	-0.5196
CONS (1)	-4.5250***	0.3818	-11.8500	0.0000	-5.2733	-3.7767
DWORK (1)	1.4330***	0.5321	2.6900	0.0071	0.3900	2.4760
DWORK (2)	0.9185***	0.2350	3.9100	0.0001	0.4578	1.3791
DSTUD (2)	1.2333***	0.3960	3.1100	0.0018	0.4570	2.0096

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Tabla 8 - Resultados del Modelo 1

Realizando el análisis de este modelo resulta un $R^2 = 0.1484$ en comparación al modelo de solo constantes, lo que representa un ajuste aceptable pero no perfecto, ya que un ajuste bueno supondría un valor de R^2 de en torno a 0.3 dado que valores superiores a esto en un modelo de generación representaría “endogeneidad”. En contraste con el modelo equiprobable el parámetro $R^2 = 0.6370$, lo cual es lógico dado que este es el peor modelo posible y, por tanto, el ajuste respecto de él debe ser mayor.

Observando los resultados del modelo, se puede comprobar que, tal y como comentábamos anteriormente, el ajuste es correcto en lo que a un modelo de generación se refiere, dado que valores mayores del ajuste darían lugar a problemas de “endogeneidad”. En el presente modelo todas las variables tienen el signo correcto, positivo en el caso de que su influencia en el modelo incite a aumentar la utilidad de realizar 0, 1 ó 2 o más viajes y negativo cuando minimicen la misma. En este sentido, sería correcto aclarar que, en el caso de las variables Dummy “Estudiante” (DSTUD) y “Trabajador” (DWORK), presentan signo positivo lo cual aumentaría la utilidad de realizar 2 viajes o más, siendo una tendencia habitual de este perfil de persona, dado que son un tipo de usuario que realiza tantos viajes



como sean necesarios para desempeñar sus distintas ocupaciones, además de poseer un ritmo de vida mayor; por su parte la variable Dummy “Disponer de licencia de conducir” (D_LIC), disminuye la utilidad de realizar 0 viajes debido a que, como es lógico, la disposición de carnet nos lleva a realizar un mayor número de desplazamientos diarios. En cuanto a las constantes, tanto la constante asociada a la alternativa de realizar 0 viajes (CONSO) como la constante asociada a la opción de realizar 1 viaje (CONS1) son de signo negativo lo que, asociado a que representan las proporciones del mercado, nos lleva a concluir que estas dos alternativas han sido elegidas menos veces en la muestra de estudio que la alternativa de realizar 2 o más viajes, tal y como ocurría en el caso del modelo 1.

Este modelo destaca por su gran sencillez en cuanto al número de variables que lo componen, unas de las características buscadas a la hora de definir un modelo.

Otro aspecto importante es que el número de variables del modelo no concuerda con el número de variables totales disponibles en la encuesta (Tabla 7 – Descripción de las variables contenidas en la base de datos). La razón de esta selección de variables radica en que no todas las variables son estadísticamente significantes, con lo cual, no son de utilidad en el modelo. En este modelo no existe ninguna variable por debajo del intervalo de confianza del 99% tal y como hemos citado previamente, proporcionándonos un modelo con unas características generales más que aceptables dado el ajuste y la significancia de todas sus variables.

En lo que al peso de las variables respecta, la evaluación puede llevarse a cabo mediante el análisis del coeficiente asociado al mismo. En una visión general de los coeficientes de las distintas variables, comprobamos que todas poseen unos pesos aceptables y lógicos, destacando el peso de las variables Dummy “Estudiante” (DSTUD), “Trabajador” (DWORK) y “Licencia de conducir” (D_LIC), las cuales presentan coeficientes de en torno a 1. Llama la atención también el hecho de que la variable “Edad al cuadrado” (AGE2) a pesar de ser muy significativa presente el menor peso de todas las variables, con un coeficiente de 0.0002, coincidiendo con el modelo 1 en el cual la variable “Edad” también era la de menor peso. Destacan también los pesos de ambas constantes, donde al igual que en el apartado 4.4.2. son muy superiores a los de las variables, siendo el peso de la constante de la función de utilidad de viajar 1 vez el doble prácticamente que la otra constante.

4.4.3. Modelo 2

Los resultados obtenidos para el modelo 2 (véase Apartado 3.2.3.) son los siguientes.

CH_T	Coeficiente	Desviación Estandar	z	Prob z >Z*	Intervalo de Confianza al 95%	
CONS (0)	0.0094	0.7741	0.0100	0.9903	-1.5078	1.5266
DWORK (0)	-1.0954***	0.2358	-4.6400	0.0000	-1.5577	-0.6331



CARAV (0)	-0.3213*	0.1931	-1.6600	0.0962	-0.6999	0.0572
AGE (0)	-0.0896***	0.0270	-3.3200	0.0009	-0.1425	-0.0366
AGE2 (0)	0.0009***	0.0002	4.3200	0.0000	0.0005	0.0014
CONS (1)	-5.2792***	0.5910	-8.9300	0.0000	-6.4375	-4.1208
D_LIC (1)	1.1363*	0.6399	1.7800	0.0758	-0.1178	2.3905
DSTUD (2)	2.0351***	0.5075	4.0100	0.0001	1.0403	3.0299
VEHO (2)	0.2776***	0.1049	2.6500	0.0082	0.0719	0.4833
ACC_DIS (2)	-0.2152***	0.0503	-4.2700	0.0000	-0.3138	-0.1165

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Tabla 9 - Resultados del Modelo 1

De estos resultados se puede estimar el parámetro R^2 tal y como se ha explicado en apartados anteriores (véase apartado 3.2.3.3), consiguiendo un ajuste en comparación con el modelo de solo constantes de $R^2 = 0.1514$, siendo superior que el obtenido en el modelo anterior, y equivalente a un R^2 lineal de 0.3500 (valor que podría representar un ajuste excelente de acuerdo a lo establecido anteriormente). Por su parte, el parámetro R^2 al compararlo con el modelo equiprobable adquiere un valor de 0.6417, siendo también superior al del primer modelo.

En el análisis del mismo podemos observar dos aspectos fundamentales que lo diferencian respecto del modelo anterior. El primero de ellos es el notable cambio en la tipología como en el número de variables empleada, así como su distribución a la hora de formar parte de las distintas funciones de utilidad, destacando principalmente la introducción de las variables “Número de vehículos en el hogar” (VEHO), “Edad” (AGE) y la variable “Distancia en KMS del hogar al centro urbano en coche” (ACC_DIS). El segundo aspecto que lo diferencia respecto del modelo anterior es que algunas de las variables reducen su nivel de significancia por debajo del nivel de confianza del 99 %, sin embargo, el nivel de significancia de las mismas es muy aceptable.

Analizando el modelo propuesto comprobamos que todas las variables tienen el signo correcto. Dicho signo es positivo en el caso de que maximicen la utilidad de realizar 0, 1 ó 2 o más viajes, ejemplo de ello son la variable Dummy “Trabajador” (DWORK) y la variable Dummy “número de vehículos en el hogar” (VEHO), debido a que la tendencia en ambos casos es realizar tantos desplazamientos o viajes como sean necesarios en el día a día, por ello su signo es positivo en las alternativas de realizar 1 y 2 o más viajes. Por el contrario, presentan signo negativo cuando minimizan la utilidad, como es el caso de la variable Dummy “Trabajador” (DWORK) y “Disponer de vehículo y carnet de conducir” (CARAV) en la alternativa de no viajar, dado que dichas variables tienden a aumentar el número de viajes generando desutilidad en la opción de realizar 0 viajes.



Cabe mencionar que para determinar el modelo 2 no se ha tomado como base el modelo 1, sino que se ha realizado el proceso completo de comprobar todas las variables y combinaciones posibles, llegándose a un resultado que podría recordar al modelo anterior a excepción, como es obvio, de las nuevas variables introducidas.

En cuanto a las constantes, estando ambas en función de la alternativa de realizar 2 o más viajes, la constante asociada a la alternativa de realizar 0 viajes (CONSO) es de signo POSITIVO, al contrario que la constante asociada a la opción de realizar 1 viaje (CONS 1), asociado a que representan las proporciones del mercado. Por esta razón, podemos concluir que la alternativa de viajar 1 vez ha sido menos elegida por la muestra de estudio que la alternativa de no viajar. Este hecho se puede comprobar comparando, dentro de nuestra muestra de 1654 usuarios, los porcentajes de elección de cada alternativa, de modo que un 14.02 % eligió la alternativa de viajar 0 veces, un 1.08 % la alternativa de realizar 1 viaje y 84.9 % la alternativa de realizar 2 o más viajes.

Cabe también explicar que, como es evidente, el número de variables del modelo no concuerda con el número de variables totales disponibles en la encuesta (Tabla 7 – Descripción de las variables contenidas en la base de datos). La razón de esta selección de variables radica en que durante la tarea de obtención y definición de los modelos se comprobó que no todas las variables son estadísticamente significantes, con lo cual, no inducen ningún efecto en la generación de viajes. Todas las variables seleccionadas son significantes al 99% a excepción de las variables Dummy “Disponer de vehículo y carnet de conducir” (CARAV) de la utilidad de realizar 0 viaje, cuyo test-t da un valor inferior a 1.96, lo que indica parámetros significativamente distintos de cero con un nivel de confianza del 90%. Esto ocurre también con la variable “Licencia de conducir” (D_LIC) en la alternativa de realizar 1 viaje. El porqué de mantener estas variables dentro del modelo se debe a un criterio del analista, el cual se explica por la importancia de dichos parámetros en el conjunto del modelo y de la función de utilidad. Asimismo, los modelos estimados sin estas variables han resultado con ajustes más pobres, siendo lógico sacrificar ligeramente la significancia del modelo en búsqueda de un ajuste mayor.

En cuanto al peso con el que cada variable influye en el modelo, puede establecerse mediante el análisis del coeficiente asociado al mismo. De esta manera, la variable Dummy “Estudiante” (DSTUD 0), es la variable más influyente en comparación a las demás, puesto que su coeficiente 2.0351 es prácticamente el doble que el de cualquier otra variable, seguida de cerca por la otra variable Dummy “Licencia de conducir” (D_LIC) con un coeficiente de 1.1363. Destacan también los pesos de ambas constantes, siendo el coeficiente de la constante de la alternativa de viajar 1 vez, con un coeficiente de -5.2792, mayor incluso que el coeficiente de la variable de mayor peso y muy superior que el de la otra constante. En lo que a las demás variables del modelo se refiere, todas presentan un peso similar a excepción de la variable “Licencia de conducir” (D_LIC) con coeficientes inferiores a 0.3 en todas las funciones de utilidad en las cuales participa, acorde con el hecho de que sean las variables menos significativas del modelo.



Se trata del modelo que mejores características generales presenta y, por tanto, el que emplearemos a la hora de analizar futuros escenarios y realizar simulaciones. Representa un modelo con un ajuste muy próximo al mejor obtenido (modelo 3 analizado en el apartado 4.4.4), compuesto a su vez por un número moderado de variables que lo dota de sencillez, al tiempo que van acompañadas de un nivel de significancia elevado, lo que le hace ser seleccionado como el modelo que mejores condiciones reúne para su aplicación.

4.4.4. Modelo 3

Los resultados obtenidos para el modelo 3 son los siguientes:

CH_T	Coficiente	Desviación Estandar	z	Prob z >Z*	Intervalo de Confianza al 95%	
CONS (0)	0.2366	0.75841	0.3100	0.7550	-1.2498	1.7230
AGE (0)	-0.0928***	0.02662	-3.4900	0.0005	-0.1450	-0.0406
D_LIC (0)	-0.8021***	0.18051	-4.4400	0.0000	-1.1559	-0.4483
CONS (1)	-2.0067*	1.14333	-1.7600	0.0792	-4.2476	0.2341
AGE (1)	-0.1246***	0.02834	-4.4000	0.0000	-0.1801	-0.0690
D_LIC (1)	0.9376	0.68275	1.3700	0.1696	-0.4005	2.2758
DWORK (1)	1.0233*	0.58517	1.7500	0.0803	-0.1235	2.1702
AGE2 (2)	-0.0010***	0.00023	-4.3900	0.0000	-0.0014	-0.0005
DWORK (2)	1.0068***	0.2389	4.2100	0.0000	0.5384	1.4752
DSTUD (2)	2.4436***	0.5126	4.7700	0.0000	1.4389	3.4482
ACC_DIS (2)	-0.2054***	0.0503	-4.0800	0.0000	-0.3041	-0.1067

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Tabla 10 - Resultados del Modelo 3

Para este modelo se ha obtenido un $R^2 = 0.1619$ en comparación con el modelo solo constantes, lo que equivaldría atendiendo a la base teórica definida en el apartado 3.2.3.1 (Figura 4- Representación gráfica de la relación entre pseudo- R^2 y R^2 lineal), a un R^2 lineal del orden de 0.35, representando un ajuste muy bueno. A su vez, el valor del parámetro R^2 en comparación respecto del modelo equiprobable es de 0.6461. Con lo cual, resulta un modelo con un ajuste claramente superior a los casos anteriores al mismo tiempo que muy aceptable, tal y como citábamos con anterioridad.



En contraste con los dos modelos anteriores, este modelo destaca por una mayor complejidad en lo que al número de variables que lo componen se refiere, pasando de las 5 variables de los modelos 1 y 2 a las 9 del modelo actual. Otro aspecto distintivo de este modelo es el hecho de que se sacrifique la significancia de algunas de las variables con el objetivo de lograr un mayor ajuste.

Analizando los resultados de este modelo se puede comprobar que, a pesar de que el valor de R^2 está aún lejos de un ajuste perfecto (cuyo valor de R^2 sería de 1), sí que podría representar un ajuste excelente, tal y como se explica en la base teórica del presente proyecto (apartado 3.2.3.1). Además, otro aspecto favorable del modelo propuesto es que todas las variables tienen el signo correcto, positivo en el caso de que maximicen la utilidad de realizar 0, 1 ó 2 o más viajes y negativo cuando minimicen la misma. Respecto a los signos de los coeficientes de las variables sería correcto aclarar que, en el caso de las variables Dummy “Estudiante” (DSTUD), “Trabajador” (DWORK) y “Licencia de conducir” (D_LIC) van acompañadas de coeficientes positivos en las alternativas de viajar 1 vez o 2 o más veces, dado que su influencia tiene a aumentar la utilidad de realizar 1 o 2 o más viajes. Por su parte, en el caso de la función de utilidad de no viajar, la variable “Licencia de conducir” presenta signo negativo al minimizar dicha utilidad.

En cuanto a las constantes, la asociada a la función de utilidad de realizar 0 viajes (CONS0) es de signo positivo mientras que la constante asociada a la función de utilidad de realizar 1 viaje es de signo negativo, representando que la alternativa de realizar 0 viajes es más elegida dentro de la muestra de estudio que la alternativa de viajar 1 única vez. Este hecho coincide con los resultados obtenidos en la muestra de estudio, donde un mayor porcentaje de personas; un 14.02 % frente a un 1.08 %; eligió la alternativa de no viajar frente a la de realizar 1 viaje.

Tal y como ocurría en los casos anteriores el número de variables de modelo es inferior al número definido a través de las encuestas, dado que esta selección de variables radica en que no todas son estadísticamente significantes, con lo cual, no son de utilidad en el modelo. En este modelo tan solo la constante de la utilidad de viajar 0 veces (CONS 0) y la variable Dummy “Licencia de conducir” (D_LIC 1) de la alternativa de viajar 1 vez, resultan no ser significativas. El porqué de mantener estas variables dentro del modelo se debe a un criterio del analista, el cual se explica por la importancia de dichos parámetros en el conjunto del modelo y de la función de utilidad, además el ajuste del modelo retirando dichas variables resulta ser notablemente inferior. De las variables restantes, ninguna resulta significativa por debajo del intervalo de confianza del 90%, además de que todas a excepción de una de ellas se encuentran por encima del 99% de confianza. Tan solo la variable “Trabajador” (DWORK 1) está por debajo del 95%, lo cual se considera aceptable.

En cuanto al peso con el que cada variable influye en el modelo, puede establecerse mediante el análisis del coeficiente asociado al mismo. Como cómputo general podemos ver que los coeficientes de muchas de las variables de este modelo son del mismo orden, hecho que se produce en todos los modelos analizados hasta el momento en el presente proyecto. Las variables más influyentes resultan ser la Dummy “Estudiante” (DSTUD 2) con un coeficiente de 2.4436, suponiendo un valor



superior al doble que el coeficiente de cualquier otra variable del modelo. Destaca también el peso de la constante de la función de utilidad de viajar 1 vez, con un coeficiente de -2.0067. Las variables que menos influyen a la movilidad o posibilidad de viajar, son la variable “Edad” (AGE) y “edad al cuadrado” (AGE2), con coeficientes inferiores a 0.1 en todas las funciones de utilidad en las cuales participan. El resto de variables afectan de forma más o menos similar a la posibilidad de viajar.

4.4.5. Modelo 4

Los resultados obtenidos para el modelo 4 son los siguientes:

CH_T	Coefficiente	Desviación Estandar	z	Prob z >Z*	Intervalo de Confianza al 95%	
CONSO	1.6286***	0.5928	2.7500	0.0060	0.4665	2.7906
CONS1	-1.2019*	0.6477	-1.8600	0.0635	-2.4715	0.0676
N_HBO1	2.2856***	0.4947	4.6200	0.0000	1.3160	3.2552
AGE22	-0.0004***	0.0001	-3.0100	0.0026	-0.0007	-0.0001
DWORK2	-2.1499***	0.7670	-2.8000	0.0051	-3.6532	-0.6466
DSTUD2	4.2976***	0.6535	6.5800	0.0000	3.0168	5.5785
N_NHBS2	5.1299***	0.5238	9.7900	0.0000	4.1033	6.1565

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Tabla 11 – Resultados del Modelo 4

El ajuste de este modelo es el mejor de los 4, obteniéndose un $R^2 = 0.8019$, lo que supone un ajuste considerablemente superior al logrado en los modelos anteriores, equivalente a un R^2 lineal de acuerdo al apartado 3.2.3.1 de 1. Dicho valor supondría un ajuste perfecto, atendiendo a la base teórica definida con anterioridad, sin embargo, se da el fenómeno de “endogeneidad” al tratarse de un modelo “menos parsimonioso” en el que se emplean variables relacionadas con la variable dependiente del modelo “Elección de viajes totales” (CH_T), dado que un incremento del número de viajes de los individual del hogar conlleva, como es lógico, a un incremento del número de viajes totales. De hecho, las variables N_ son los viajes totales realizados por ese mismo individuo para el motivo que sea existiendo una endogeneidad clara.

En lo que a los signos de los coeficientes de las variables que conforman el modelo se refiere, podemos concluir que no todas tienen el signo correcto. Esto se debe a que la variable Dummy “Trabajador” (DWORK 2), perteneciente a la alternativa de viajar 2 o más veces, va acompañada de un coeficiente negativo cuando debería ser positivo, al tratarse de una variable que tiende a aumentar la



probabilidad de realizar un mayor número de viajes, tal y como comentábamos en los modelos 1, 2 y 3. Por su parte, las variables “Número de viajes basados en el hogar por otros motivos” (N_HBO 1) y “Número de viajes no basados en el hogar por estudios” (N_NHBS), aumentan la utilidad de realizar o más viaje, siendo una viaje y 2 o más viajes respectivamente, situación que es correcta. En cuanto a las constantes, la constante asociada a la alternativa de realizar 0 viajes (CONS 0) es de signo positivo al contrario que la constante asociada a la función de utilidad de realizar 1 viaje (CONS 1), hecho lógico de acuerdo a lo que hemos visto en el apartado anterior.

En este modelo no existe ninguna variable por debajo del intervalo de confianza del 9%, además de que todas a excepción de una de ellas se encuentran por encima del 99% de confianza. Tan solo la constante CONS 1 está por debajo del 95%, lo cual se considera aceptable.

En cuanto al peso con el que cada variable influye en el modelo, puede establecerse procediendo como en los casos previos. Como cómputo general podemos ver que los coeficientes de todas las variables de este modelo son grandes en comparación a los casos anteriores, situación que se puede atribuir al fenómeno de “endogeneidad” explicado. Todo esto nos lleva a desechar este modelo. Un ejemplo de ello, son la variable “Número de viajes no basados en el hogar por estudios” (N_NHBS 2) y la Dummy “Estudiante” (DSTUD 2), las cuales son las variables más influyentes en comparación a las demás, puesto que sus respectivos coeficientes 5.1299 y 4.2976 son más del doble que el de la siguiente variable de más peso.

4.5. Escenarios

Para llevar a cabo la aplicación práctica del modelo seleccionado definitivamente de entre todos los modelos estimados, se proponen dos escenarios diferentes:

- 1) Escenario año 2020
- 2) Escenario año 2025

El modelo que se ha decidido emplear para dicha prueba es el modelo 2, definido y analizado en el apartado 4.4.3 del presente trabajo. La razón principal que nos ha llevado a seleccionar dicho modelo frente a los restantes ha sido que, presentando un ajuste muy próximo al del modelo más ajustado ($R^2 = 0.1514$ frente a $R^2 = 0.1619$), presenta una significancia elevada de todas sus variables más relevantes, a excepción de la constante de la alternativa de realizar 0 viajes, hecho que no es relevante. A pesar de tratarse de un modelo más complejo que otros en lo que al número de variables se refiere (compuesto por 8 variables frente a las 5 de los modelos más sencillos), se consigue un modelo completo y ajustado, definido por variables de fácilmente tratables y analizables.



Como podemos observar, el citado modelo está compuesto por las variables Dummy “Disponer de vehículo y licencia de conducir” (CARAV), “Trabajador” (DWORK), “licencia de conducir” (D_LIC), “Estudiante” (DSTUD) y las variables “Edad” (AGE), “Edad al cuadrado” (AGE2), “Número de vehículos en el hogar” (VEHO) y “Distancia en KMS del hogar al centro urbano en coche” (ACC_DIS).

Analizando estas variables con vista a realizar la simulación para los escenarios planteados, aquellas que experimentan una variación significativa con el paso de los años son la edad y el número de vehículos en el hogar o tasa de motorización, siendo las variables que vamos a considerar:

- 1) **Edad:** debemos llevar a cabo una modificación del modelo de manera que nos permita introducir con la mayor exactitud posible la edad de los distintos ciudadanos de Santander en el escenario de estudio. Este es debido a que con el modelo en el formato actual deberíamos introducir el valor de la edad media de la población, derivando en un error grande en la estimación, ya que estaríamos suponiendo que todos los habitantes tienen una misma edad, situación que no se aproxima para nada a la realidad. Por ello, optamos por sustituir las variables “Edad” y “Edad al cuadrado” por variables Dummy que definan distintos rangos de edad de la población de modo que, a la hora de realizar la simulación para un determinado escenario, podamos imponer como dato de partida los % de personas que pertenecen a cada uno de estos rangos de edades, con la mayor exactitud posible. Finalmente, optamos por considerar los siguientes rangos de edades:

- Edad < 25 años
- $25 \leq \text{Edad} \leq 35$ años
- $35 < \text{Edad} \leq 65$ años
- Edad > 65

Consecuentemente, tan solo sería necesario definir 3 variables Dummy (N – 1 variables, de acuerdo a las bases teóricas de los modelos).

Con ello logramos una aproximación más lógica a la realidad de modo que, si subdividiésemos las edades en grupos menores, la exactitud y,



por tanto, el ajuste del modelo sería mayor. Una vez realizada la modificación el resultado que se obtuvo fue el siguiente:

CH_T	Coficiente	Desviación Estandar	z	Prob z >Z*	Intervalo de Confianza al 95%	
CONS (0)	0.0094	0.7741	0.0100	0.9903	-1.5078	1.5266
DWORK (0)	-1.0954***	0.2358	-4.6400	0.0000	-1.5577	-0.6331
CARAV (0)	-0.3213*	0.1931	-1.6600	0.0962	-0.6999	0.0572
DAGE2535 (0)	-0.4064	0.2882	-1.4100	0.1586	-0.9714	0.1586
DAGE3565 (0)	-0.7023***	0.1870	-3.7500	0.0002	-1.0690	-0.3357
CONS (1)	-5.2792***	0.5910	-8.9300	0.0000	-6.4375	-4.1208
D_LIC (1)	1.1363*	0.6399	1.7800	0.0758	-0.1178	2.3905
DAGE25 (1)	1.2036	1.0786	1.1200	0.2645	-0.9105	3.3178
DAGE2535 (1)	0.8818	0.5442	1.6200	0.1051	-0.1847	1.9485
DSTUD (2)	2.0351***	0.5075	4.0100	0.0001	1.0403	3.0299
VEHO (2)	0.2776***	0.1049	2.6500	0.0082	0.0719	0.4833
ACC_DIS (2)	-0.2152***	0.0503	-4.2700	0.0000	-0.3138	-0.1165

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Tabla 12 – Resultados del Modelo 2 adaptado para la simulación

Se trata del mismo modelo analizado en el apartado 4.4.3, en el que se han introducido las nuevas variables Dummy obteniéndose un ajuste $R^2 = 0.1342$, ligeramente distinto al del modelo original dado que el ajuste se ve modificado por los intervalos de edad considerados. No obstante, sigue tratándose de un modelo adecuado para la aplicación.

Para definir los valores de las variables en el año horizonte de cada escenario, en el caso de la edad de la población, hemos procedido a determinar la evolución con el paso de los años del % de personas pertenecientes a cada uno de los rangos de edad indicados previamente. Para ello, hemos tomado como base los datos presentes en la página web del ICANE (Instituto Cántabro de Estadística), determinando la edad media de la población santanderina desde el año 1971 hasta el año 2013 (año con datos disponibles más reciente), determinando la recta de tendencia de los datos. Con ello podemos estimar la edad media de la población en el año deseado. En las ilustraciones 28, 29 y 30 se definen las gráficas de evolución de los %



de población de edad inferior a 25 años, 25 - 35 años y 35 – 65 años respectivamente, así como la ecuación de la recta de ajuste de los datos que nos permitirá realizar la estimación para los distintos escenarios.

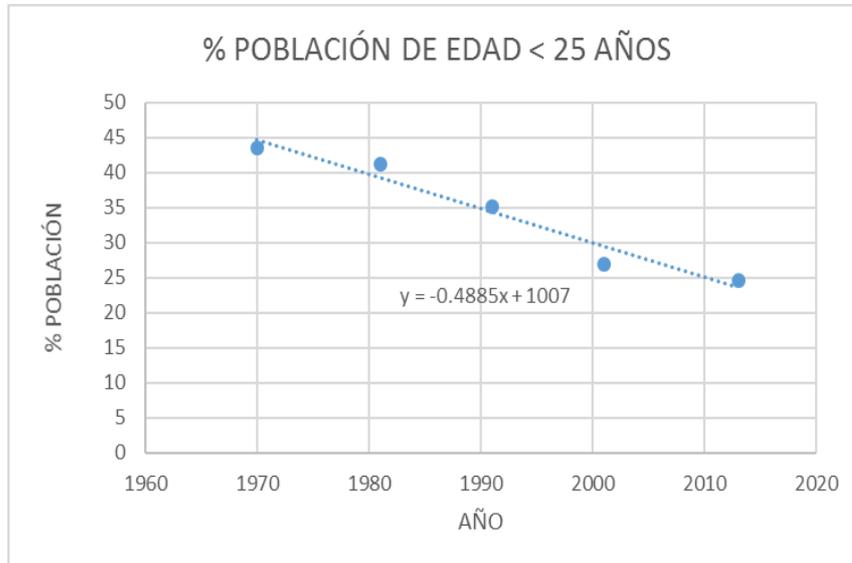


Ilustración 27 – Gráfico de evolución del % de población

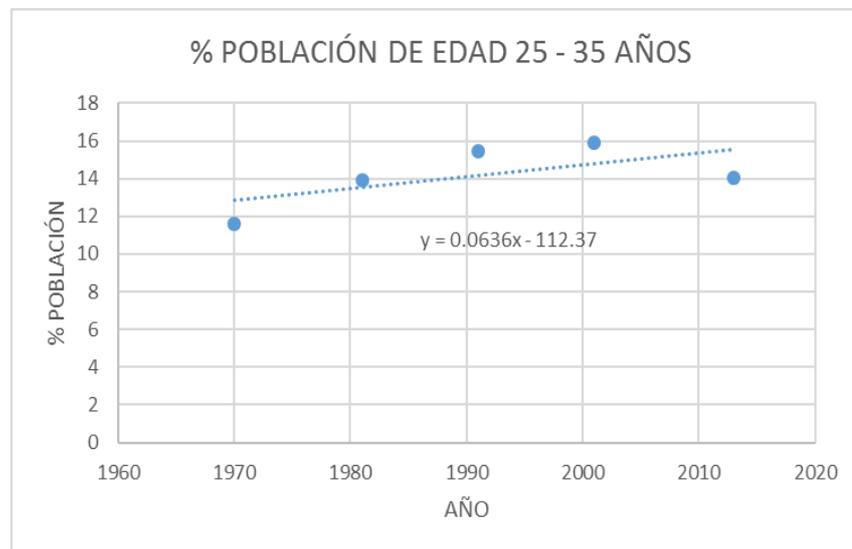


Ilustración 28 – Gráfico de evolución del % de población de edad

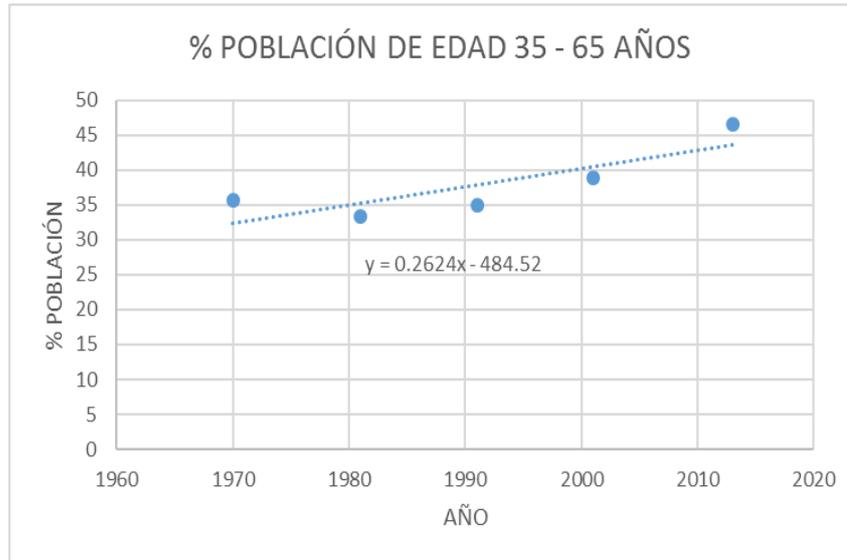


Ilustración 29 – Gráfico de evolución del % de población de edad

2) **Número de vehículos en el hogar o tasa de motorización:** con esta segunda variable habría que operar de manera similar a la que se hizo con la edad de la población, definiendo rangos de vehículos. Concretamente se distinguirían 3 intervalos de vehículos existentes en los hogares:

- 0 vehículos / hogar
- 1 vehículo / hogar
- ≥ 2 vehículos / hogar

Consecuentemente se introducirían 2 nuevas variables Dummy. Sin embargo, debido a la falta de información sobre la tasa de motorización en la ciudad de Santander, no podrá ejecutarse una previsión realista de la misma impidiendo definir los valores de dichas variables para la simulación. Por ello no se considera esta variable en los distintos escenarios que analizaremos a continuación.

Por último, deberá llevarse a cabo la predicción de la población existente en la ciudad de Santander en los años 2020 y 2025, para lo cual recurrimos a los datos suministrados por el ICANE, resultando:

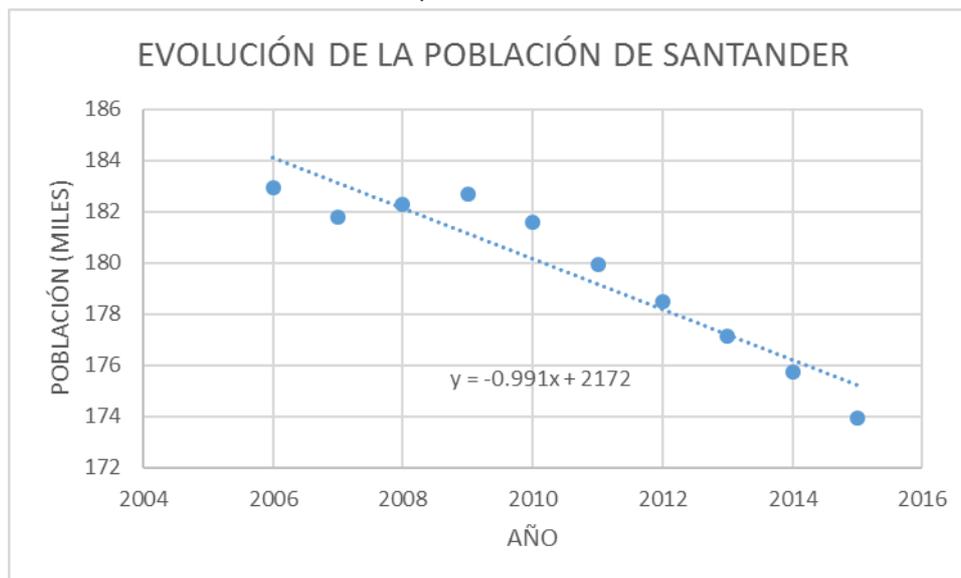


Ilustración 30 – Gráfico de evolución de la población en Santander (Fuente: ICANE)

A partir de la recta de ajuste definida en la Figura 31 - Gráfico de evolución de la población en Santander, obtenemos lo siguiente:

AÑO	Población
2015	173957
2020	170180
2025	165225

Tabla 13 – Población de Santander (Fuente: ICANE)

Una vez se ha adaptado el modelo para su correcta aplicación en la simulación y se han definido los valores de los distintos parámetros y variables en los escenarios a analizar, podemos proceder a la evaluación de los dos escenarios planteados.

4.5.1. Escenario 2020

Para el año 2020 los % de población pertenecientes a cada uno de los intervalos de edad, aplicando las expresiones de la recta de ajuste de los gráficos anteriores, resultan ser:

EDAD (años)	% Población
< 25	20.23 %
25 - 35	16.10 %
35 - 65	45.52 %
>65	18.15 %

Tabla 14 – % de distribución de la población de Santander en los intervalos de edad



Las probabilidades simuladas para este escenario resultaron ser:

Alternativa	Muestra	Escenario 2020	Comparativa Escenario Base/Escenario 2020
0	14.02 % (232)	13.27 % (219)	-0.758 % (-12)
1	1.10 % (18)	1.27 % (21)	0.187 % (3)
2+	84.88 % (1404)	85.46 % (1414)	0.572 % (9)
Total	100.00 % (1654)	100.00 % (1654)	0.00 % (0)

Tabla 15 – Resultados de la simulación para el Escenario 2020

Con los resultados de la simulación procedemos a determinar el número total de viajes previstos por el modelo para el escenario base y para el escenario 2020, para lo cual aplicamos la siguiente expresión:

$$\text{Nº VIAJES (ESCENARIO i)} = 0 \text{ viajes} \times \% 0 \text{ viajes} \times \text{Población (Escenario i)} + 1 \text{ viaje} \times \% 1 \text{ viajes} \times \text{Población (Escenario i)} + 3.3 \text{ viajes} \times \% 2+ \text{ viajes} \times \text{Población (Escenario i)}$$

En dicha expresión, lo que se hace es multiplicar el número de viajes asociado a cada alternativa (0, 1 y 2 o más viajes) por el % de personas definido por el modelo para cada alternativa y por la población existente en el escenario a analizar. Hay que tener en cuenta que para la alternativa de realizar 2 o más viajes, el número medio de viajes en la muestra de estudio fue de 3.3 viajes, valor que se ha considerado para los cálculos realizados. Con ello los resultados obtenidos han sido:

$$\text{Nº VIAJES (ESCENARIO BASE)} = 0 \times 14.02\% \times 173957 + 1 \times 1.10\% \times 173957 + 3.3 \times 84.88\% \times 173957 = \mathbf{489174.04 \text{ viajes}}$$

$$\text{Nº VIAJES (ESCENARIO 2020)} = 0 \times 13.27\% \times 170180 + 1 \times 1.27\% \times 170180 + 3.3 \times 85.46\% \times 170180 = \mathbf{482099.51 \text{ viajes}}$$

Es decir, para el año 2020 el modelo prevé una disminución del 1.44 % en el número de viajes respecto del escenario base (año 2015), debido a que se trata de viajes internos de la ciudad de Santander y la población disminuye para dicho año de análisis.

4.5.2. Escenario 2025

Para el año 2020 los % de población pertenecientes a cada uno de los intervalos de edad, aplicando las expresiones de la recta de ajuste de los gráficos anteriores, resultan ser:

EDAD (años)	% Población
-------------	-------------



< 25	17.78 %
25 - 35	16.42 %
35 - 65	46.84 %
>65	18.96 %

Tabla 16 – % de distribución de la población de Santander en los intervalos de edad

Las probabilidades simuladas para este escenario resultaron ser:

Alternativa	Muestra	Escenario 2020	Comparativa Escenario Base/Escenario 2020
0	14.02 % (232)	13.16 % (218)	-0.86 % (-14)
1	1.08 % (18)	1.24 % (21)	0.15 % (3)
2+	84.90 % (1404)	85.59 % (1415)	0.70 % (12)
Total	100.00 % (1654)	100.00 % (1654)	0.00 % (0)

Tabla 17 – Resultados de la simulación para el Escenario 2025

Aplicando la misma metodología que en el apartado 4.5.1, los resultados que se obtienen para el escenario 2025 son:

$$\text{Nº VIAJES (ESCENARIO BASE)} = 0 \times 14.02\% \times 173957 + 1 \times 1.10\% \times 173957 + 3.3 \times 84.88\% \times 173957 = \mathbf{489174.04 \text{ viajes}}$$

$$\text{Nº VIAJES (ESCENARIO 2020)} = 0 \times 13.16\% \times 165225 + 1 \times 1.24\% \times 165225 + 3.3 \times 85.59\% \times 165225 = \mathbf{468721.84 \text{ viajes}}$$

Es decir, para el año 2025 el modelo prevé una disminución del 4.18 % en el número de viajes respecto del escenario base (año 2015), debido a que se trata de viajes internos de la ciudad de Santander y la población disminuye para dicho año de análisis aún más que para el año 2020.



5. Conclusiones Finales y Líneas de Investigación Futura

5.1. Conclusiones Finales

En este trabajo se han desarrollado las metodologías para la realización de encuestas y obtención de datos, así como para la realización de modelos de generación de viajes. La finalidad de estos conocimientos es doble, ya que por una parte se persigue la determinación de aquellas variables que influyen de una manera más relevante en la generación de viajes y, por otra parte, se busca realizar predicciones de número de viajes que se generan en la ciudad de Santander con la mayor precisión posible.

A la hora de analizar la generación de viajes en una ciudad se deben tener en cuenta una serie de aspectos importantes:

- El diseño de la encuesta, el cual se ha realizado basándose tanto en la información aportada por la bibliografía existente como en la obtenida a partir de los procesos de participación ciudadana (GF y MGF)
- La modelización de los datos recopilados mediante la correspondiente encuesta, para lo cual deben seguirse las pautas básicas en búsqueda de un modelo sencillo, de fácil aplicación y lo más ajustado a la realidad posible
- Definición de la población de estudio: para que la muestra de estudio sea lo más representativa posible del global de la población de la ciudad de Santander, introduciendo el mínimo error posible
- Simulación acorde a la realidad: debiendo llevarse a cabo simulaciones realistas en la que se impongan valores futuros de variables lo más verídicos posibles de modo que, los resultados arrojados por la simulación del modelo, sean correctos y nos permitan tomar decisiones válidas para la planificación del transporte.

Los cuatro aspectos mencionados han demostrado estar internamente relacionados entre ellos, de tal forma que cada uno de ellos condiciona el resto. Por ello debemos dotarlos de la misma importancia a la hora de trabajar en ellos, dado que un error en uno de estos aspectos condicionaría las demás fases de estudio y, en definitiva, el resultado final del modelo y los estudios que con él se realicen.

Las conclusiones obtenidas en este trabajo se han repartido en tres apartados, diferenciando entre el proceso de encuestado, el de modelado y el de simulación.

Encuestas de caracterización de la movilidad diaria

Las conclusiones a las que se ha llegado en lo referente a los datos obtenidos mediante la realización de la encuesta de preferencias reveladas son las siguientes:



- Un factor importante es el modo de transporte empleado para realizar los viajes, de modo que el 41.8 % de los viajes efectuados son a pie, el 31.8 % de los viajes efectuados por los encuestados son en modo auto o coche (conduciendo) y el 13.6 % en modo "bus".
- Con el fin de realizar un estudio lo más completo posible se han realizado encuestas sobre todo el territorio de la ciudad de Santander, obteniendo datos a lo largo de toda la ciudad. Por ello, se han realizado un mayor número de encuestas en aquellas zonas postales con una mayor extensión territorial y zonas residenciales donde se concentra el mayor número de habitantes dentro del conjunto poblacional de la ciudad de Santander.
- En cuanto a la creación de la encuesta, se ha visto que la realización de grupos focales facilita en gran medida la determinación de variables importantes para los usuarios.
- En lo referente al proceso de realización de las encuestas, explicar correctamente y aclarar determinados aspectos facilita todo el proceso de recogida de datos y mejora, hasta cierto punto, la fiabilidad de la información.

Modelos de generación de viajes

Las conclusiones enfocadas a los modelos son las que se muestran a continuación:

- Una proporción importante de las variables establecidas en la encuesta dejan de ser significantes a la hora de calcular los modelos, de manera que carecen de importancia para el ciudadano a la hora de valorar la opción de realizar un viaje o desplazamiento.
- Las predicciones realizadas por los modelos mejoran a medida que se incorporan en ellos todos los datos obtenidos mediante la nueva metodología de encuesta empleada. De esta forma, al introducir las interacciones entre las variables de caracterización de los usuarios y las variables de caracterización de viajes de los hogares, se consigue mejorar la tasa de aciertos de las predicciones del modelo. Igualmente, a medida que introducimos un mayor número de variables de caracterización del usuario debidamente estructuradas en las funciones de utilidad del modelo se logran modelos más correctos.
- La heterogeneidad de los ciudadanos llega a ser importante a la hora de evaluar ciertas variables. Afectando de forma especial la edad de la población, la tasa de motorización, la ocupación del usuario (trabajador, estudiante, etc.), disposición de licencia de conducir, al tratarse de variables que inciden directamente sobre la generación de viajes.



Simulación de escenarios

Las conclusiones a las que se ha llegado tras la puesta en práctica del modelo son las siguientes:

- Los escenarios de simulación están sujetos a la veracidad del modelo y los datos de partida, por ello es fundamental la correcta recogida de información y obtención de un modelo apto.
- El momento en el que se desea realizar la predicción de viajes generados está asociado tanto al momento en el que se han recogido los datos que han permitido definir el modelo como a la capacidad de predecir el valor futuro de determinados parámetros. Por ello, el escenario de simulación no puede prolongarse excesivamente en el tiempo, dado que los valores futuros de dichas variables van a estar dotados de un error importante, derivando en errores en las predicciones realizadas por el modelo.
- Los resultados obtenidos con simulaciones realizadas están fuertemente condicionados por la variación de la población en el tiempo, por ello los cálculos de las poblaciones futuras deben ser muy escrupulosos.

En general mediante este trabajo se ha llegado a la conclusión de que la generación de viajes puede llegar a predecirse con cierta exactitud, sin embargo, la disponibilidad de datos es bastante limitada debido al gran esfuerzo que requiere el trabajo de campo necesario para su obtención. Además, las complicaciones logísticas a la hora de trabajar en campo imposibilitan recopilar todos los datos que se deseen, de manera que, las encuestas, y por lo tanto los datos finalmente disponibles, tienen que reducirse a los límites que la realidad del trabajo de campo permita.

5.2. Líneas de Investigación Futura

A partir de los trabajos realizados en este proyecto, quedan abiertas diferentes líneas de investigación que se detallan a continuación:

- Una continuación lógica de esta investigación corresponde a la realización de un proceso amplio de validación de los modelos obtenidos considerando datos independientes no utilizados en la fase de calibración.
- Otra continuación corresponde con el cálculo de los modelos mediante el uso de distintos métodos, como pueden ser la utilización de distribuciones logísticas para modelizar las variables aleatorias o el uso de parámetros aleatorios.
- Realizar el mismo proceso de modelización realizando una definición más precisa de determinadas variables, como puede ser la tasa de motorización,



la distancia al centro urbano en tiempo en vez de en distancia, etc. De manera que se obtengan modelos más exactos y ajustados a la realidad.

- Llevar a cabo una aplicación personalizada del modelo a cada una de las zonas de la ciudad definidas en la zonificación. De modo que se conseguirían modelos más exactos válidos para tomar decisiones que permitan resolver problemas más concretos. Se llevaría así a cabo una caracterización del usuario en función de la zona.
- Aprovechando la implantación de las nuevas tecnologías a la tarea de recogida de datos, se abre la posibilidad de la creación de software específico para terminales móviles, con lo cual, se podría llegar a establecer un sistema de recogida de valoraciones por parte ciudadano en tiempo real. Al mismo tiempo, con la correcta participación de los ciudadanos, se conseguiría de manera fácil un incremento de los datos e información disponible con el formato actual.
- Simular escenarios con otras variables de interés como el nivel de ingresos, tipo de trabajo u ocupación, etc.



6. Referencias

Abdulaal, M., & Le Blanc, L. J. (1979). Continuous equilibrium network design models. *Transportation Research B*.

Ben-Akiva, M y Lerman, S.R. (1985). *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Ben Akiva, M.E. y Watanatada, T. (1980). Application of a continuous spatial choicelogit model. En C.F. Manski y D. McFadden (eds.), *Structural Analysis of Discrete Data: With Econometric Applications*. MIT Press, Cambridge, Mass.

Bruzelius, N. (1979) *The Value of Travel Time*. Croom Helm, Londres.

Cascetta, E. (2009). *Transportation systems analysis: models and applications*, (BUL-NA-2009-035. 11/2009. 12/2009. 11/2009), 4.

Daly, A.J. (1982a). Estimating choice models containing attraction variables. *Transportation Research* 16B, 5-15.

Daly, A.J. y Ortúzar, J. de D. (1990): *Forecasting and data aggregation: theory and practice*. *Traffic Engineering and Control* 31, 632-643.

David A. Hensher, John M. Rose, y William H. Greene (2005). *Applied choice analysis*. Cambridge University Press

Domencich, T y McFadden, D. (1975). *Urban travel demand: a behavioral analysis*. North-Holland, Amsterdam.

Foerster, J.F. (1981). Nonlinear and non-compensatory perceptual functions of evaluations and choice. En P.R. Stopher, A.H. Meyburg y W. Brög (eds.), *New Horizons in Travel Behaviour Research*. D.C. Heath and Co., Lexington, Mass.

Friman, M. (2004). Implementing quality improvements in public. *Transport Journal of Public Transportation*, Vol. 7, No. 4.

Gaudry, M.J.I. y Wills, M.I. (1978): Estimating the functional form of travel demand models. *Transportation Research* 12, 257-289.

Greene, W. H. y Hensher, D. A. (2010). *Modeling ordered choices: a primer*. Cambridge University Press.

Greene, W., (2007b). *NLOGIT Version 4.0: ReferenceGuide*. Plainview, NY: Econometric Software.

Hensher, D.A, Rose, J.M. y Greene, W.H. (2005). *Applied choice analysis: a primer*. Cambridge University Press. (LIBRO).

Jara-Díaz, S.R. y Farah, M. (1987). Transport demand and user's benefits with fixed income: the goods/leisure trade-off revisited. *Transportation Research* 21B, 165-170.

Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy* 14, pps. 132-157.



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.

Macário, R. (2010). Competing for level of service in the provision of mobility services: Concepts, processes and measures. *Research in Transportation Economics* 29, pps. 261-274.

Marschak, J. (1936). *Economica*. JSTOR

McFadden, D. (1974). "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behaviour," *Journal of Applied Econometrics*, 15, 447-70.

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.

McLeod, W.T. y Hanks, P. (eds.) (1986): *The New Collins Concise Dictionary of the English Language*. William Collins, Sons & Co., Glasgow.

Mori kawa, T. (1996). A hybrid probabilistic choice set model with compensatory and non-compensatory choice rules. En D. Hensher, J. King y T. Oum (eds.), *World Transport Research. World Conference on Transport Research Society*, Sydney.

Oi, K.I.Y. y Shuldiner, P.W. (1962). *An Analysis of Urban Travel Demands*. Northwestern University Press, Evanston.

Ortúzar, J.de D. y Willumsen, L.G. (2001). *Modelling Transport*, 3rd ed. Wiley, Chichester.

Ruijgrok, C.J. (1979): Disaggregate choice models: an evaluation. En G.R.M. Jansen, P.H.L. Bovy, J.P.J.M. van Est y F. Le Clercq (eds.), *New Developments in Modelling Travel Demand and Urban Systems*. Saxon House, Westmead.

Spear, B.D. (1977). Applications of new travel demand forecasting techniques to transportation: a study of individual choice models. Final Report to the Office of Highway Planning. Federal Highway Administration, US Department of Transportation, Washington, DC.

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

Warner, S.L. (1962). *Strategic Choice of Mode in Urban Travel: A Study of Binary Choice*. Northwestern University Press, Evanston.

Williams, H.C.W.L. (1981). Travel demand forecasting: an overview of theoretical developments. En D.J. Banister y P.G. Hall (eds.), *Transport and Public Policy Planning*. Mansell, Londres.



Williams, H.C.W.L. (1977): On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Environment and Planning* 9A, 285-344.

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.

Williams, H.C.W.L. y Senior, M.L. (1977). Model based transport policy assessment: (2) Removing fundamental inconsistencies from the models. *Traffic Engineering and Control* 18, 464-469.

Willumsen, L.G. (2000): Travel networks. En D. Hensher y K.J. Button (eds.), *Handbook of Transport Modelling*. Pergamon, Oxford.