



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**Modelación de una política de aumento de cobro  
de parqueaderos incluyendo variables latentes.  
Caso aplicado al centro de Medellín**

**I.C. Luis Jerónimo Cifuentes Ruiz**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas  
Ciudad, Colombia  
2016



# **Modelación de una política de aumento de cobro de parqueaderos incluyendo variables latentes. Caso aplicado al centro de Medellín**

**I.C. Luis Jerónimo Cifuentes Ruiz**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magíster en Ingeniería: Infraestructura y Sistemas de Transporte**

**Director:** Iván Reinaldo Sarmiento Ordosgoitia

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2016



*A las cuatro madres que me ha dado la vida,  
siempre estaré agradecido con ustedes por  
nunca dejarme caer en los momentos difíciles,  
son más de lo que podría haber pedido, nunca  
podré terminar de pagarles lo que han hecho  
por mí.*



## Agradecimientos

Al profesor Iván Sarmiento, por sus comentarios, acompañamiento y capacidad de guiar y entender a sus estudiantes, brillante y certero en sus comentarios siempre y al profesor Julián Arellana, asesor silencioso pero trascendental en este arduo trabajo.

A Óscar Arbeláez, mi mayor tutor en el tema de variables latentes, igualmente a Uriel Escudero, por toda su ayuda en el manejo de bases de datos y cartografía.

A Claudia Muñoz, Juan Diego Pineda y Juan Pablo Ospina por haberme ayudado a enriquecer este trabajo con cada una de sus observaciones, siempre estuvieron abiertos a cualquier duda y fueron fundamentales para lograr un trabajo de calidad

Por último, a Daniel Ramírez, cualquier agradecimiento se quedará siempre corto para quien en los momentos más difíciles de este trabajo vio más que nadie el camino a un final exitoso.

## Resumen

La dinámica del transporte y las problemáticas de movilidad que se presentan en la ciudad de Medellín y en otras ciudades del mundo, obligan a realizar investigaciones que permitan establecer medidas y políticas para mitigar los impactos negativos generados por la congestión y las altas tasas de motorización.

La presente investigación plantea la modelación de la demanda de transporte teniendo en cuenta la aplicación de una política de aumento de cobro de parqueaderos en el centro de la ciudad de Medellín. Se realizaron aproximadamente 500 encuestas para los análisis y modelaciones necesarias. Se construyeron modelos tipo Logit Multinomial, Logit Mixto e Híbridos, los cuales incluían las variables latentes Seguridad y Comodidad.

Se realizó un análisis exhaustivo de las características de los usuarios de auto que viajan hoy al centro de la ciudad y su percepción de comodidad y seguridad tanto del modo Auto, como para el Metro, Bus y Taxi. Finalmente se obtuvieron curvas predictivas de los modelos, que permiten observar los cambios modales que se presentarían con la eventual aplicación de una política de aumento de cobro de parqueaderos.

Palabras clave: Parqueadero, costo, modelos de elección discreta, variables latentes.



## **Abstract**

Transportation dynamics and the current mobility problematics that have been arising in Medellín and other cities, are requiring us to make researches that allow to establish measures and politics to mitigate the negative impacts generated by the vehicular congestion and the high motorization rates.

This research proposes the transportation demand modelling with the application of a parking fees rising politic in the Central Business District of Medellín. Aproximately 500 surveys were made to support the discrete choice modelling. Three kinds of models were built in the research, Multinomial Logit, Mixed Logit and Hybrids, which included the latent variables Safety and Comfort.

An exhaustive analysis of the current car users that travels to the Central Business District was made, explaining the most relevant socioeconomic variables and their comfort and safety perception of the Car, Metro, Bus and Taxi. Finally for each type of model, predictive demand curves were obtained, they allow to analyze the modal changes that could occur with the application of the parking fees rising politic.

Keywords: Parking, cost, discrete choice models, latent variables



# Contenido

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1 Problemática .....	17
1.2 Preguntas específicas de la investigación .....	18
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
2.1 Objetivo General .....	19
2.2 Objetivos Específicos .....	19
2.3 Hipótesis .....	19
2.4 Metodología .....	19
2.4.1 Revisión de políticas de estacionamientos exitosas a nivel mundial .....	19
2.4.2 Análisis de la Encuesta Origen Destino 2012 .....	20
2.4.3 Planeación y ejecución de la Encuesta de PR y PD .....	20
2.4.4 Modelación de la demanda .....	21
2.4.5 Conclusiones y recomendaciones .....	21
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
3.1 Técnicas de recolección de información .....	23
3.1.1 Método de Preferencias Reveladas (PR) .....	23
3.1.2 Método de Preferencias Declaradas (PD) .....	24
3.1.3 Método de Preferencias Automáticas (PA) .....	24
3.2 Modelos de elección discreta .....	24
3.2.1 Tipos de modelos econométricos de elección discreta .....	27
<b>4. ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS Y ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>34</b>
4.1 Estado del arte .....	34
4.2 A nivel mundial .....	44
4.2.1 Políticas relacionadas al cobro .....	44
4.2.2 Políticas relacionadas a la regulación por tiempo .....	46
4.2.3 Políticas relacionadas a la señalización y cultura vial .....	48
4.2.4 Utilización de tecnologías de información y comunicación en los parqueaderos .....	49
4.2.5 Otras políticas .....	50
4.3 A nivel metropolitano .....	51
4.3.1 Análisis EOD 2012 .....	51
4.3.2 Políticas contenidas en el Plan de Movilidad AMVA .....	58
4.4 A nivel municipal .....	59
4.4.1 Análisis de políticas incluidas en el nuevo POT .....	59

4.4.2	Análisis de los parqueaderos en el centro de la ciudad .....	63
<b>5.</b>	<b>DESARROLLO DE LA ENCUESTA.....</b>	<b>66</b>
5.1	Grupo focal .....	66
5.1.1	Preparación del grupo focal.....	66
5.1.2	Análisis del grupo focal.....	67
5.1.3	Variables explicativas seleccionadas.....	70
5.1.4	Niveles de variación de las variables seleccionadas .....	70
5.1.5	Variables latentes seleccionadas .....	72
5.2	Diseño de la encuesta .....	73
5.2.1	Preferencias reveladas.....	73
5.3	Preferencias declaradas .....	75
5.4	Trabajo de campo .....	77
5.4.1	Prueba piloto .....	78
5.4.2	Encuesta definitiva .....	78
5.4.3	Digitación y depuración de los datos obtenidos .....	78
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ENCUESTA .....</b>	<b>79</b>
6.1	Análisis socioeconómico de los encuestados.....	79
6.2	Análisis de los viajes realizados.....	82
6.3	Análisis estadístico por tipo de usuario e indicadores de percepción de las variables latentes .....	84
6.3.1	Individuos Lexicográficos .....	84
6.3.2	Indicadores de la variable seguridad .....	84
6.3.3	Indicadores de la variable comodidad .....	87
<b>7.</b>	<b>FORMULACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS.....</b>	<b>90</b>
7.1	Modelos MNL.....	90
7.2	Modelos MXL.....	92
7.3	Modelos híbridos (Incluyendo variables latentes).....	93
7.4	Resultados de los modelos de elección discreta.....	94
7.5	Elasticidades directas, cruzadas y valor subjetivo del tiempo .....	100
7.6	Predicciones del modelo .....	102
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
8.1	Conclusiones y Recomendaciones .....	107
8.2	Investigaciones futuras .....	109
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>110</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Errores de Medición vs Errores de Especificación .....	23
Figura 2. Inclusión de variables latentes.....	30
Figura 3. Curva fundamental de demanda de un bien .....	44
Figura 4. Señalización tiempo máximo de estadía.....	47
Figura 5. Permiso de parqueadero para residente (San Francisco).....	47
Figura 6. Señalización de bordillos o sardineles .....	48
Figura 7. Sensores en celdas de parqueaderos .....	49
Figura 8. Zonificación .....	52
Figura 9. Edades de viajeros al centro en auto.....	53
Figura 10. Nivel educativo de viajeros al centro en auto.....	54
Figura 11. Ocupación de viajeros que usan auto al centro .....	54
Figura 12. Porcentaje de etapas peatonales complementarias en los viajes en auto al centro .....	55
Figura 13. Motivo de viaje al centro de la ciudad en el modo auto.....	56
Figura 14. Lugar de origen de viajes en auto al centro .....	56
Figura 15. Tipo de parqueadero utilizado por los viajeros al centro en auto .....	57
Figura 16. Modo utilizado cuando tiene Pico y Placa.....	57
Figura 17. Frecuencia de viaje de los encuestados .....	58
Figura 18. Pirámide de movilidad tradicional .....	60
Figura 19. Pirámide de movilidad POT Medellín.....	60
Figura 20. Tarifa promedio horaria ponderada .....	64
Figura 21. Tarifa promedio diaria ponderada.....	64
Figura 22. Tarifa promedio mensual ponderada .....	65
Figura 23. Encuesta de Preferencias Declaradas (PD).....	76
Figura 24. Interfaz del software de la encuesta .....	77
Figura 25. Ocupación de los encuestados.....	80
Figura 26. Nivel educativo de los encuestados.....	80
Figura 27. Nivel de ingresos de los encuestados.....	81
Figura 28. Edades de los encuestados.....	81
Figura 29. Motivo de viaje de los encuestados .....	82
Figura 30. Frecuencia del viaje de los encuestados .....	82
Figura 31. Tipo de parqueadero de los encuestados .....	83
Figura 32. Unidad de pago de los encuestados.....	83

Figura 33. Indicadores promedio por modo.....	87
Figura 34. Indicadores promedio de comodidad.....	89
Figura 35. Forma general del modelo MIMIC .....	93
Figura 36. Predicciones para el modelo MNL.....	103
Figura 37. Predicciones para el modelo MXL.....	103
Figura 38. Predicciones para el modelo Híbrido.....	104
Figura 39. Reparto modal de los usuarios susceptibles al cambio para modelo MNL ...	105
Figura 40. Reparto modal de los usuarios susceptibles al cambio para modelo MXL....	106
Figura 41. Reparto modal de los usuarios susceptibles al cambio para modelo Híbrido	106

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Datos generales de la encuesta EOD 2012 .....	52
Tabla 2. Caracterización de perfiles grupo focal.....	66
Tabla 3. Diseño experimento código 15 de Kocur .....	71
Tabla 4. Diseño final del experimento.....	71
Tabla 5. Caracterización socioeconómica encuesta de Preferencias Reveladas (PR).....	73
Tabla 6. Análisis indicador posibilidad de ocurrencia de accidente.....	85
Tabla 7. Análisis de posibilidad de ocurrencia de robo entre origen y parada/parqueadero .....	86
Tabla 8. Análisis de posibilidad de ocurrencia de robo desde la parada/parqueadero hasta el destino final del viaje.....	86
Tabla 9. Análisis de la calidad de los asientos, los espacios adecuados y el disfrute general durante todo el viaje hasta el destino final del viaje .....	88
Tabla 10. Análisis de la facilidad de acceso al modo desde el origen del viaje y desde el paradero/parqueadero hasta el destino final del viaje.....	88
Tabla 11. Análisis de la posibilidad de llevar paquetes de manera cómoda.....	89
Tabla 12. Variables utilizadas para el modelo Logit Multinomial .....	91
Tabla 13. Variables utilizadas en el modelo Logit Mixto.....	92
Tabla 14. Modelos MNL estimados .....	94
Tabla 15. Modelos MXL estimados.....	96
Tabla 16. Resultados del modelo Múltiples Indicadores y Múltiples Causas para la seguridad .....	97
Tabla 17. Resultados del modelo Múltiples Indicadores y Múltiples Causas para la comodidad.....	97
Tabla 18. Modelo Híbrido seleccionado.....	98
Tabla 19. Resumen de los modelos .....	99
Tabla 20. Elasticidades directas y cruzadas del modelo Híbrido .....	101

# 1.INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, una de las principales problemáticas que se tiene en la movilidad tiene que ver con las externalidades que no pagan los conductores de vehículos particulares, dichas externalidades están relacionadas con la contaminación, las enfermedades causadas a las demás personas, los aumentos en los tiempos de viaje, ocupación indebida del espacio público, entre otras cuestiones que afectan a la ciudadanía y que esta misma asume los costos que no son cargados a los conductores. Ante estas problemáticas ha surgido la necesidad de tomar medidas por parte de los gobiernos locales y nacionales, las cuales permiten realizar una adecuada gestión de la demanda.

Dentro de las medidas de gestión de la demanda aplicadas se encuentran las políticas relacionadas con el cobro por congestión en algunas zonas con altos volúmenes y situaciones de congestión en algunas ciudades del mundo como Londres (Greater London Authority, 2016), Estocolmo (Transport Styrelsen, 2016) y Singapur (Cervero, 1998), adicionalmente se tienen medidas para el control de la demanda como el control a la tenencia vehicular aplicado en Japón, país en el cual, solamente es posible acceder a la tenencia de un vehículo si el interesado demuestra que tiene un estacionamiento fuera de la vía en el cual parquear dicho vehículo (Steiner, 1965). Otro tipo de medidas de gestión son las relacionadas con los parqueaderos, ya sea en la vía o fuera de ella; en este tipo de políticas se han aplicado políticas como la instalación de Tecnologías de la Información y Comunicación en zonas congestionadas que disminuya los tiempos de búsqueda de parqueaderos (Urobotica, 2016) o el cobro del parqueadero variable dependiendo de las demandas (Roth, 1965).

La aplicación de políticas a la movilidad se hace cada día más necesaria en todas las ciudades, dados los aumentos en los tiempos de viaje, las problemáticas ambientales, las grandes congestiones y el bajo nivel de servicio que se le puede prestar a los usuarios de una red vial congestionada, por lo que cada investigación que se realice para determinar el efecto que tendrán es de gran importancia. Para mejorar la movilidad, ya no basta con ampliar la oferta de infraestructura, dado que esta no puede ni debe avanzar al mismo ritmo que avanza la producción automotriz, las políticas se deben enfocar más en producir impactos en la demanda vehicular; para esto, una política que afecte el costo que tiene actualmente el uso del vehículo particular, podría desincentivar el uso de este y aumentar la demanda de otros modos públicos.

Esta tesis presenta los resultados de una investigación sobre el efecto que pudiese tener en la partición modal un aumento en los costos del parqueadero para usuarios de auto particular, específicamente la investigación se realizó en Medellín, Colombia. En ella se muestran las variables más relevantes para la elección modal de la población, adicionalmente y como elemento innovador, se han incluido variables latentes (comodidad y seguridad) que permiten cuantificar variables difíciles de medir, pudiendo así analizar el efecto de variables no observables en la toma de la decisión del modo de viaje de las personas.



La modelación clásica del transporte comprende 4 etapas, en las cuales primero se define la cantidad de viajes que se realizan en un área determinada (Generación), luego se determina cuántos viajes se realizan entre pares origen – destino (Distribución), posteriormente qué modo de transporte se utiliza para realizar el viaje (Elección modal) y finalmente, los flujos de viajes que usan determinados corredores (Asignación). Esta modelación clásica es una de las herramientas de ayuda para realizar adecuadamente la planificación del transporte de una ciudad y describir comportamientos de las personas, entre otras tantas herramientas y análisis complementarios.

La etapa de Elección Modal permite obtener una partición porcentual de la demanda para cada modo de transporte existente. En el marco de esta etapa de modelación, se ha empleado la teoría de la utilidad aleatoria mediante modelos de elección discreta para describir las variables que son relevantes para las personas a la hora de elegir un modo u otro para realizar un viaje, y evaluar posibles políticas que impacten en las variables relevantes para obtener cambios en la distribución o partición modal. Esto se ha aplicado en esta tesis con el fin de analizar cómo incide el precio del parqueadero y otras variables cuantitativas y cualitativas en la elección del auto, cuando existen otras alternativas públicas, para el caso específico del centro de la ciudad de Medellín.

En esta introducción se trata el problema y las preguntas de investigación. En el Capítulo 2 se plantean los objetivos y se propone la metodología a seguir para realizar un estudio de políticas en parqueaderos mediante modelación de transporte. El Capítulo 3 abarca el marco teórico de la investigación, describiendo los métodos de recolección de información y los tipos de modelos de elección discreta utilizados. Posteriormente en el Capítulo 4, se puede observar un recuento de las políticas más importantes que están siendo utilizadas a nivel local, nacional y mundial en el tema de parqueaderos, y las investigaciones que se han realizado en el tema. El Capítulo 5 describe el desarrollo y diseño de la encuesta, pasando por el grupo focal realizado, hasta llegar al diseño del experimento y la selección de las variables y sus niveles de variación, esto se complementa con la explicación del trabajo de campo realizado, en la encuesta piloto y en la encuesta definitiva, además del trabajo de depuración de información posterior que se tuvo. En el Capítulo 6 se redondea el tema de la encuesta, realizando un análisis estadístico de la información tomada en campo, de tal modo que se observara su consistencia con la Encuesta Origen – Destino del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012). Se encuentra luego el Capítulo 7, el cual contiene las modelaciones realizadas, la comparación entre los modelos obtenidos, las predicciones de los modelos y las elasticidades, finalmente el Capítulo 9 resume las conclusiones más importantes de la investigación y las posibles investigaciones futuras en el tema.

## 1.1 Problemática

Existe una necesidad urgente en las grandes ciudades de generar políticas de movilidad efectivas, que permitan disminuir los tiempos de viaje y mejorar el nivel de servicio de los usuarios en las zonas congestionadas. La Ingeniería de Transporte tiene la responsabilidad de proponer

soluciones técnicas que puedan llevarse a la práctica, en estas soluciones deben generarse impactos sobre los elementos en los cuales se basa el transporte, ya sea los vehículos, las redes o las terminales, o la combinación de algunos de ellos.

Se pueden establecer políticas en términos de tiempo, costos monetarios, restricciones a la circulación o incentivos a ciertos modos. Tal como lo plantea Donald Shoup (Shoup, The high cost of free parking, 2011), actualmente existe una gran cantidad de estudios en políticas de movilidad que tienen que ver con cobros por congestión, sin embargo, no se han estudiado lo suficiente los efectos en la movilidad de autos particulares que tendrían aplicaciones de políticas de parqueaderos; es por este motivo que el resultado de esta investigación será un avance importante en la Ingeniería de Transporte.

Esta investigación se centrará en una política que afecte los costos monetarios de los parqueaderos en el modo auto en el centro de la ciudad de Medellín, es decir, se investigará la manera en la cual afecta al usuario de auto el precio del parqueadero, y otras variables, y se analizará cuál será el efecto sobre los otros modos.

El problema en el cual estará basada la investigación es la falta de modelos que describan el efecto del costo del parqueadero y otras variables en la elección modal de los usuarios de auto particular, y su consecuente efecto en la partición modal general, por los efectos de la elasticidad cruzada.

## **1.2 Preguntas específicas de la investigación**

- ¿Qué variables son consideradas por los usuarios de auto para elegir este modo?
- ¿De qué manera influye el precio del parqueadero en la elección modal de los conductores de auto?

## **2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

### **2.1 Objetivo General**

Modelar y analizar el efecto en la demanda de viajes en auto de una estrategia de tarifas de parqueaderos en el centro de Medellín, incluyendo variables latentes.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las principales variables que inciden en la elección del modo auto relacionadas con los parqueaderos.
- Formular y calibrar modelos de elección discreta entre diferentes modos alternativos para viajar al centro de la ciudad ante una estrategia de aumento de precios de parqueadero, considerando variables latentes.
- Calcular las probabilidades de cambio modal ante el aumento de precios de parqueaderos para la ciudad de Medellín y su implicación en el planteamiento de una política tarifaria para parqueaderos a implantar en el centro de la ciudad.

### **2.3 Hipótesis**

Es factible proponer modelos de elección discreta que incluyan variables latentes, que demuestren la importancia que tiene el costo del parqueadero en la elección modal de los usuarios de auto, además mediante estos modelos se puede inferir una nueva distribución modal que tenga en cuenta el cambio modal de algunos usuarios por el aumento del precio del parqueadero.

### **2.4 Metodología**

Con el fin lograr los objetivos propuestos, la presente investigación se desarrolló siguiendo los siguientes pasos: revisión de políticas, análisis de encuesta EOD del Valle de Aburrá, grupo focal, encuestas PR y PD (piloto y finales) y modelación, los cuales se describen a continuación.

#### **2.4.1 Revisión de políticas de estacionamientos exitosas a nivel mundial**

Se consultó el estado del arte en el mundo en cuanto a casos de éxito de implementación de políticas de estacionamientos. De este análisis surgieron recomendaciones para la implementación de estas políticas. Como parte de la investigación se consultaron las políticas actuales a nivel metropolitano y municipal existentes en Medellín, en el tema de parqueaderos, de tal manera que pudiese darse un mejor diagnóstico de la situación que se presenta en la actualidad a nivel local.

## 2.4.2 Análisis de la Encuesta Origen Destino 2012

- Se identificaron y caracterizaron los pares origen y destino cuyos viajes se hacen en automóvil hacia el centro de la ciudad y utilizan estacionamiento en este lugar de la ciudad, a partir del estudio de Encuesta de Origen Destino 2012 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012).
- Se caracterizaron los tipos de estacionamientos utilizados a 2012 por los conductores de automóviles, con el fin de conocer la situación base a la que se enfrentan los usuarios de auto.

## 2.4.3 Planeación y ejecución de la Encuesta de PR y PD

- Grupos focales: se elaboró un grupo focal (reunión de 8-10 personas) para analizar las posibles variables a utilizar en la encuesta piloto, y luego se diseñó una encuesta que se llevó a cabo para realizar con dicha información el modelo que arrojó los datos necesarios para tomar decisiones en materia de planificación de los estacionamientos en el centro de la ciudad.
- Recorridos de campo: se realizó un recorrido de campo que permitió establecer un inventario de los estacionamientos a 2014, realizando una caracterización de estos estacionamientos.
- Encuesta Piloto: se realizaron unas encuestas piloto para probar el instrumento de medición, determinar tiempos de ejecución y correcciones que se le pudiesen realizar a dichas encuestas. Adicionalmente se realizaron ajustes al formulario de la encuesta definitiva según los análisis realizados en la encuesta piloto ejecutada.
- Capacitación de personal: se capacitó personal para realizar las encuestas de preferencias reveladas (PR) y declaradas (PD).
- Ejecución: En la encuesta de preferencias reveladas (PR) se le pregunta al individuo por el tipo de estacionamiento que usa hoy en día, su costo y el lapso de duración de su estacionamiento. Se realizaron encuestas en la ciudad de Medellín a usuarios de auto que actualmente viajan al centro y estacionan en el centro. El número de encuestas fue de 497 para tener una representatividad de diferentes motivos de viaje (trabajo, compras, diligencias de salud, diligencias de negocios, reuniones de trabajo, trámites en oficinas) y diferentes estratos (bajo, medio, alto). A todos se les preguntó por su decisión modal ante estrategias de cobro en los actuales parqueaderos. Para ello fue importante preguntarle el tiempo de permanencia, lo que paga por hora y lo que pagó en total en sus últimos viajes al centro. En la encuesta también se incluyeron preguntas para la medición de indicadores sobre seguridad y comodidad, variables latentes halladas en el grupo focal.
- Depuración: se depuró la información obtenida de las encuestas de preferencias declaradas (PD) y preferencias reveladas (PR) para utilizarla de insumo para desarrollar los modelos de elección discreta.
- A partir de las encuestas de PR y PD, y mediante un análisis estadístico de las respuestas, se caracterizan los usuarios de los parqueaderos de acuerdo a las variables estudiadas, como tipo de parqueo, edades, género, ocupación, de los usuarios. También se pueden conocer las motivaciones o barreras que encuentran los usuarios de auto para llevar su auto hasta el centro de la ciudad y estacionar allí, en lugar de utilizar modos alternativos de transporte.

#### **2.4.4 Modelación de la demanda**

- Para estimar los modelos se utilizó el software libre BIOGEME 2.0 (EPFL, 2014).
- Se corrieron varios modelos, donde se pudo evaluar la influencia de las variables recogidas en las encuestas, y también modelos híbridos que incluyeron las variables latentes identificadas.
- Se realizó un ranking para determinar los mejores modelos.
- Se calcularon las probabilidades de elección modal ante la aplicación de políticas de parqueaderos, estimando así las cuotas de mercado de la elección de auto y la elección de otros modos como taxi, bus o metro en el caso de aumento de tarifas en el centro.

#### **2.4.5 Conclusiones y recomendaciones**

- Finalmente se presentan las conclusiones más importantes sobre la posibilidad de establecer políticas de parqueaderos en el centro de la ciudad, de tal manera que se pueda tener un panorama claro sobre la posición de la ciudadanía sobre las políticas evaluadas. Estas conclusiones incluyen lo relacionado con variables latentes, como un aporte innovador en la comprensión de los factores tenidos en cuenta por los usuarios de auto a la hora de elegir un modo para ir al centro de la ciudad.

### 3. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de teorías y modelos se han tratado tradicionalmente dos enfoques, en primer lugar se encuentra el método inductivo, en el cual se llega a teorías y a modelos con base en datos, el otro método es el deductivo, el cual consiste en “construir modelos y probar sus predicciones frente a observaciones” (Ortúzar & Willumsen, 2001). En ambos enfoques es fundamental la toma de datos, pues es con base en ellos que se inducen los modelos o que se confirman las predicciones. Por lo tanto, es imprescindible definir adecuadamente cuáles serán los datos a tomar y la forma en la que estos se tomarán, pues pueden llegarse a modelos erróneos por errores en la medición de los datos o en la especificación de los modelos.

Los errores en la medición pueden tener diversas causas, a saber:

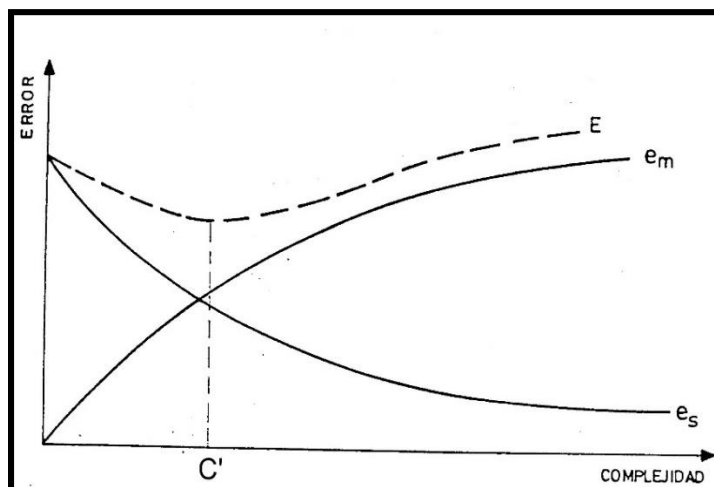
- Errores en la toma de datos: Se da cuando los encuestadores cometen errores y estos no son detectados por los modeladores, causando problemas en los resultados.
- Errores en la agregación de los datos: Se da cuando se agregan de manera errónea algunos grupos poblacionales o se tienen agregaciones demasiado grandes que pueda causar imprecisiones
- Errores en el muestreo de la población: Se da cuando el tamaño muestral no cumple los requisitos adecuados, lo que puede causar problemas de significancia al modelar.

Los errores en la especificación de los modelos tienen que ver con:

- Omisión de variables: No se tienen en cuenta todas las variables necesarias, en muchos casos estos problemas son asumidos por el término de error
- Forma funcional del modelo, errónea: Los modelos no cumplen las hipótesis planteadas por la forma funcional escogida.
- Hábito o inercia

Cuando los modelos se hacen más complejos, es decir, que tienen más variables, existirán menos errores de especificación, pero a la vez puede causar mayor cantidad de errores en la medición, tal como nos muestra la Figura 1. El óptimo en cuanto errores totales se logra en un punto intermedio en el cual el modelo no es tan simple como para tener errores de especificación, ni tan complejo como para tener demasiados errores de medición.

Figura 1. Errores de Medición vs Errores de Especificación



Fuente. (Arellana Ochoa, 2014)

### 3.1 Técnicas de recolección de información

Para la modelación de transporte es necesario recolectar información mediante la elaboración de encuestas, dichas encuestas pueden ser de preferencias reveladas (PR), de preferencias declaradas (PD) o preferencias automáticas (PA), estos métodos serán descritos a continuación, en el los numerales 3.1.1, 3.1.2. y 3.1.3.

#### 3.1.1 Método de Preferencias Reveladas (PR)

Este método pretende simplemente consultar situaciones reales en la vida de los encuestados, es decir, se basa en situaciones y elecciones que suceden cotidianamente y que por lo tanto tienen alto grado de certidumbre.

En éste método, se pregunta al encuestado por las elecciones que realmente hace en su vida diaria, es decir, el encuestado suministra información real sobre sus elecciones y el encuestador debe utilizar información real al calcular las variables incluidas en la encuesta.

El encuestado debe informar sobre los modos que tiene disponibles y cuál de ellos utiliza, el encuestador, hallará las variables que tiene en cuenta el encuestado mediante la información que se encuentre disponible a nivel de infraestructura, costos y demás variables que se incluyan en la encuesta.

La desventaja de las encuestas de preferencias reveladas consiste en que no es posible analizar con ellas, modos que aún no existen, dado que el encuestado obviamente no los ha tenido en cuenta para realizar su elección actual. Adicionalmente el trabajo del encuestador para la consecución de la información precisa sobre las variables que tiene en cuenta el encuestado,

puede ser una labor ardua y que en ocasiones no se logra obtener en su totalidad con total certidumbre. (Ortuzar, 2000)

### **3.1.2 Método de Preferencias Declaradas (PD)**

Este método soluciona las desventajas del método de preferencias reveladas (PR), dado que se pueden evaluar modos que aún no existen o posibles cambios en las políticas existentes en alguno de los modos (e.g. un cambio en la tarifa de parqueadero para los automóviles). Consiste en plantear escenarios hipotéticos al encuestado con sus alternativas disponibles, en cada escenario las variables seleccionadas para la encuesta tendrán diferentes niveles de variación, el encuestado debe seleccionar una alternativa en cada escenario. Posteriormente con las elecciones se podrá analizar el peso de cada una de las variables elegidas y de las variables propias de cada encuestado (e.g. género, edad, nivel educativo) (Train, Discrete Choice Methods with Simulation, 2002)

Sin embargo el método también posee una desventaja, dado que no hay certidumbre de la veracidad o del análisis que los individuos realizan en los escenarios y las respuestas que dan, y aún más allá, no hay certeza de que una vez tenga disponible la alternativa que no existe en el caso hipotético, la use de la forma como dijo en la encuesta que lo haría.

### **3.1.3 Método de Preferencias Automáticas (PA)**

Es un método que ha sido estudiado a profundidad Córdoba (Córdoba, Automatic preferences in the choice of transport mode, 2014), se basa en la conexión subconsciente que cada individuo realiza entre un objeto o situación y los constructos positivos que tiene sobre los mismos. Es decir, se trata de realizar selecciones automáticas de una alternativa con base en decisiones del subconsciente que se apoyan en la experiencia de cada individuo, dicha experiencia y el método en general, tienen la ventaja de evitar manipulaciones o mentiras por parte del encuestado al ser una decisión que se genera desde el subconsciente.

## **3.2 Modelos de elección discreta**

Un modelo es básicamente una representación simplificada de la realidad (Ortúzar & Román, 2003), en dichos modelos intervienen unas determinadas variables, que tratan de describir un fenómeno determinado. Los modelos de elección discreta básicamente consisten en expresiones matemáticas que resumen la utilidad que produce un determinado producto o modo  $j$  en un individuo  $i$ , dichos modelos están basados en la teoría de la utilidad aleatoria, la cual plantea lo siguiente:

- Todos los individuos poseen racionalidad infinita, lo que implica que siempre escogerán la combinación de alternativas que maximiza su utilidad, además de esto pertenecen a una comunidad homogénea y están sujetos a restricciones ambientales.



Esto quiere decir que los individuos utilizan la información de las alternativas que tienen en una determinada elección, dentro de un conjunto de posibilidades, posteriormente con esta información hallan una utilidad de cada modo mediante un proceso cognitivo y es ésta utilidad la que intentan maximizar para al final tomar una decisión (Domencich & McFadden , 1975).

Se parte de un universo de alternativas A, de las cuales un determinado individuo q tiene un número finito y determinado A(q) (ya se han tenido en cuenta las restricciones de las demás alternativas, y se han excluido por valores de algunos determinados atributos). Dichas alternativas tienen un conjunto de atributos x, pertenecientes a un vector de atributos X, los cuales son conocidos por los individuos; teniendo en cuenta el conjunto de alternativas disponibles, y los valores de los atributos, el individuo puede hallar una utilidad de cada una de las alternativas, para finalmente hacer una determinada elección (en el caso de que sea una elección única, también se podrían manejar ranking de elecciones) (Train, Discrete Choice Methods with Simulation, 2002).

A pesar de que el individuo q conoce todos los atributos de las variables evaluadas, pueden existir imprecisiones y errores (tanto en la toma de datos como en las variables evaluadas, como ya se ha precisado anteriormente), los cuales introducen una parte observable y una parte aleatoria o desconocida a la utilidad; teniendo en cuenta esto, la expresión que resumiría la utilidad U de un individuo q por una alternativa j, tiene la siguiente forma:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (3.1)$$

Donde:

$U_{jq}$  es la utilidad del individuo j con la alternativa q

$V_{jq}$  es una utilidad determinística del individuo por la alternativa q

$\varepsilon_{jq}$  es un término de error que se introduce por imprecisiones en la toma de datos, en la selección de las variables o en la especificación del modelo

La gran ventaja que tienen los errores es que se asume que estos tienen media cero, lo que permite evitar la propagación de errores con la toma de medidas, y en lugar de ello reducir los errores a cada uno de los individuos, los errores entre los individuos se relacionan mediante una matriz de covarianza.

Cuando se habla de utilidad determinística, se refiere a una utilidad obtenida de los atributos evaluados y que en efecto es más sencilla de medir que los errores, a los cuales se les debe asumir una determinada distribución; dicha distribución aleatoria de los errores, es lo que genera los diferentes tipos de modelos (e.g. el modelo logit asume una distribución tipo Gumbel). La utilidad determinística es la suma de un vector de coeficientes, en producto punto con un vector de atributos X, para cada una de las alternativas, la ecuación tiene la siguiente forma:

$$V_{jq} = \sum_k \theta_{jq} X_{jkq} \quad (3.2)$$

Los valores de  $\Theta$  son iguales para todos los individuos, pero pueden ser diferentes entre alternativas, es importante mencionar, que los valores de los atributos  $X$  pueden estar representados por variables referentes al modo (e.g. costo y tiempo de viaje), por variables socioeconómicas (e.g. género, nivel educativo) o por variables latentes (e.g. comodidad y seguridad).

Finalmente lo que el individuo realiza es un cálculo de diferencia de utilidades, por tal motivo, las variables no pueden estar presentes en todas las alternativas, por lo cual, se omite en una de ellas, y lo que se halla es la diferencia que tiene con la alternativa en la cual se omitió la variable, es decir, cada variable sólo puede estar presente en  $n-1$  alternativas, excepto para las variables en las cuales se tienen diferentes valores para cada alternativa, por ejemplo el costo o el tiempo de viaje, estas variables normalmente están presentes en todas las variables, dado que para cada  $\Theta$ , existe un  $x$  diferente, lo que hace que siempre exista una diferencia de utilidades.

Teniendo en cuenta lo expuesto, al final el individuo escogerá la alternativa que le brinde mayor utilidad, es decir que escogerá una alternativa determinada  $j$ , si y sólo si la utilidad de esta alternativa es mayor que la utilidad de cualquier otra alternativa  $i$ , como lo muestra la siguiente expresión:

$$U_{jq} \geq U_{iq} \forall A_j \in A_q \quad (3.3)$$

Donde:

$U_{jq}$  es la utilidad del individuo  $q$  con la alternativa  $j$

$U_{iq}$  es la utilidad del individuo  $q$  con la alternativa  $i$

$A_j$  es la alternativa  $j$

$A_q$  es el universo de alternativas que tiene el individuo

Si la ecuación (3.2) es expandida reemplazando en ella la ecuación (3.3), se obtiene lo siguiente:

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \quad (3.4)$$

Sin embargo, dado que los términos de error son desconocidos pues dependen de unas determinadas distribuciones y no se tiene certidumbre de su dimensión o su valor real, tampoco se puede tener una certidumbre de que la ecuación (3.4) es totalmente veraz, por lo que se debe trabajar con probabilidades, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P_{jq} = p\{\varepsilon_{iq} \geq \varepsilon_{jq} + V_{jq} - V_{iq}\} \forall A_i \in A_q \quad (3.5)$$

Donde

$P_{jq}$  es la probabilidad de elección de la alternativa  $j$  por parte del individuo  $q$

La ecuación que describe esta probabilidad es la siguiente:

$$P_{ij} = \int_{R_N} f(\varepsilon) \partial \varepsilon = \int \left[ \prod_n g(\varepsilon_n) \right] \partial \varepsilon \quad (3.6)$$

Que a su vez es igual a:

$$P_{ij} = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\varepsilon) \left[ \prod_{i \neq j} \int_{-\infty}^{V_{jq} - V_{iq} - \varepsilon_{jq}} g(\varepsilon_i) \partial \varepsilon_i \right] \partial \varepsilon_q \quad (3.7)$$

La función  $g(\varepsilon)$  representa una distribución aleatoria de los errores, dicha función es la que arroja diferentes tipos de modelos, dependiendo de la distribución escogida, a continuación, se muestran los diferentes modelos usados en la actualidad.

### 3.2.1 Tipos de modelos econométricos de elección discreta

- Modelo Logit Multinomial (MNL)

En este tipo de modelo se considera una distribución Gumbel (la cual tiene sentido si se tiene en cuenta la Teoría de los Valores Extremos) para los errores, además se tiene como hipótesis que estos son independientes e idénticamente distribuidos, con media cero y varianza  $\sigma^2$ . Esto implica que no existe ningún tipo de correlación entre los términos y que estos poseen igual varianza, tanto a nivel de alternativas como a nivel de individuos (Arbeláez Arenas, 2015). Teniendo en cuenta lo mencionado, (Domencich y McFadden) (Domencich & McFadden, 1975) encontraron la siguiente expresión para calcular la probabilidad de escogencia de una alternativa  $j$  por parte de un individuo  $n$ :

$$P_{in} = \frac{e^{(\mu * V_{in})}}{\sum_{A_j | A_n} e^{(\mu * V_{jn})}} \quad (3.8)$$

En esta expresión,  $\mu$  representa el factor de escala que se utiliza para relacionar la varianza del término, como muestra la ecuación (3.9).

$$\mu = \frac{\pi^2}{6\sigma^2} \quad (3.9)$$

Sin embargo, dado que este factor no es identificable, se asume que es 1 lo que implica que la ecuación 3.9 se transforme en la ecuación 3.10 (Ortúzar y Willumsen) (Ortúzar & Willumsen, 2001):

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6} \quad (3.10)$$

El modelo Logit Multinomial, es muy útil y muy utilizado aún en la actualidad, dada su facilidad de aplicación, sin embargo, en ocasiones se queda corto, pues no considera correlación entre alternativas, ni heterocedasticidad, ni posibles variaciones en los gustos, por lo que se han desarrollado otros modelos que consideren estos aspectos, dichos modelos al contemplar más aspectos, evidentemente aumentan de complejidad.

En esta investigación sólo se explicarán los modelos jerárquicos (HL) y los modelos Logit Mixtos (MXL), con la respectiva introducción de variables latentes a este último tipo de modelos, lo que genera modelos híbridos.

- Modelo Logit Jerárquico (HL):

También es llamado Logit Anidado, básicamente lo que propone este modelo es una jerarquización en la cual se agrupan las alternativas que tienen correlación en diferentes nidos, un ejemplo podría ser agrupar el modo auto y el modo moto (transporte privado) en un nido y el modo bus con el modo metro (transporte público) en otro nido.

Este modelo ha sido trabajado por diferentes autores, en un principio Williams (Williams, 1977) demostró que las probabilidades de escoger una alternativa simplemente consisten en la probabilidad de escoger una alternativa dado que se seleccionó algún nido, es decir, se va descendiendo entre nidos hasta llegar a las alternativas. La expresión que resume dicha probabilidad es la siguiente:

$$P_{ij} = P_i * P_{i|j} \quad (3.11)$$

Donde:

$P_{i|j}$  Es la probabilidad de seleccionar la alternativa  $i$  dado el nido  $j$

Donde a su vez, cada una de estas probabilidades está representada por expresiones similares a las utilizadas en el Logit Multinomial, como lo muestran la ecuación (3.12) y la ecuación (3.13).

$$P_{i|j} = \frac{e^{(\lambda_i * V_{i|j})}}{\sum_{k \in C(i)} e^{(\lambda_i * V_{i|j})}} \quad (3.12)$$

$$P_i = \frac{e^{(\beta * V_i)}}{\sum_{l \in R} e^{(\beta * V_l)}} \quad (3.13)$$

Como se puede observar entonces, este tipo de modelo es útil en el caso de tener alternativas que se sospecha tienen correlación, pues la matriz de covarianza podrá tener valores diferentes a cero en los lugares no diagonales en la correlación de dos alternativas.

- Modelo Logit Mixto (MXL):

Son modelos complejos muy utilizados en la actualidad, pues resuelven los inconvenientes que posee el modelo Logit Multinomial (MNL) al considerar posibles variaciones en los gustos, heterocedasticidad (variaciones en los errores no se distribuyen de manera independiente e idéntica, lo que genera errores en las matrices de varianzas y covarianzas para las regresiones) y correlaciones entre alternativas y elecciones en el tiempo.

El modelo Logit Mixto, evalúa para cada individuo la utilidad de cada modo, de esta manera tiene en cuentas las posibles variaciones en los gustos; para cada individuo  $n$ , la expresión de utilidad es la siguiente:

$$U_{nj} = \beta_n x_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (3.14)$$

Donde:

$U_{nj}$  es la utilidad del individuo n con la alternativa j

$\beta_n$  es el vector de coeficientes de valoración de cada individuo n para el conjunto de alternativas

$x_{nj}$  son los atributos conocidos para cada una de las alternativas

$\varepsilon_{nj}$  es el término de error

Para hallar la probabilidad de elección de alguna alternativa, se utiliza la expresión del modelo Logit Multinomial, tal como muestra la ecuación (3.15):

$$L_{ni} = \frac{e^{(\beta_n * x_{ni})}}{\sum_{j \in J} e^{(\beta_n * x_{nj})}} \quad (3.15)$$

Sin embargo, dado que los  $\beta_n$  son propios de cada individuo, estos no se conocen, por lo que se debe utilizar una integral sobre la probabilidad, teniendo en cuenta el posible rango de variación de los parámetros  $\beta_n$ , tal como se muestra en la ecuación (3.16):

$$P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) f(\beta|\theta) \partial(\beta) \quad (3.16)$$

En la ecuación (3.16), cada término representa lo siguiente:

$\theta$  representa los parámetros que definen la función de densidad de la población, que pueden definir el rango de variación de los parámetros  $\beta_n$

$L_{ni}(\beta)$  representa la probabilidad del modelo Logit Multinomial evaluado en un conjunto de parámetros  $\Theta$  y su función de densidad de probabilidad.

$f(\beta|\theta)$  es la función de densidad

$\partial(\beta)$  es el diferencial del conjunto de parámetros  $\beta$

Para dar solución a esta integral, se aplican métodos numéricos variando los parámetros  $\Theta$  dentro del rango de la función de densidad (aplicando esto a la función Logit Multinomial), teniendo en cuenta el diferencial de  $\beta$ , finalmente los resultados se promedian y el resultado es un estimador insesgado que se aproxima a la probabilidad.

- Modelos híbridos de elección

Dado que cada individuo es diferente, por ende las percepciones que tiene de cada modo son diferentes, sabiendo esto, el modelo Logit Mixto capta las diferencias que hay entre las percepciones de las variables medibles (e.g. tiempo, costo, género, etc.) sin embargo, existen variables no medibles que resultan ser importantes a la hora de tomar una decisión o descartar una alternativa, como lo son, la seguridad, la comodidad o la confiabilidad. A estas variables se les llama variables latentes; algunos autores como Ben Akiva (Ben-Akiva & Boccara, 1995),

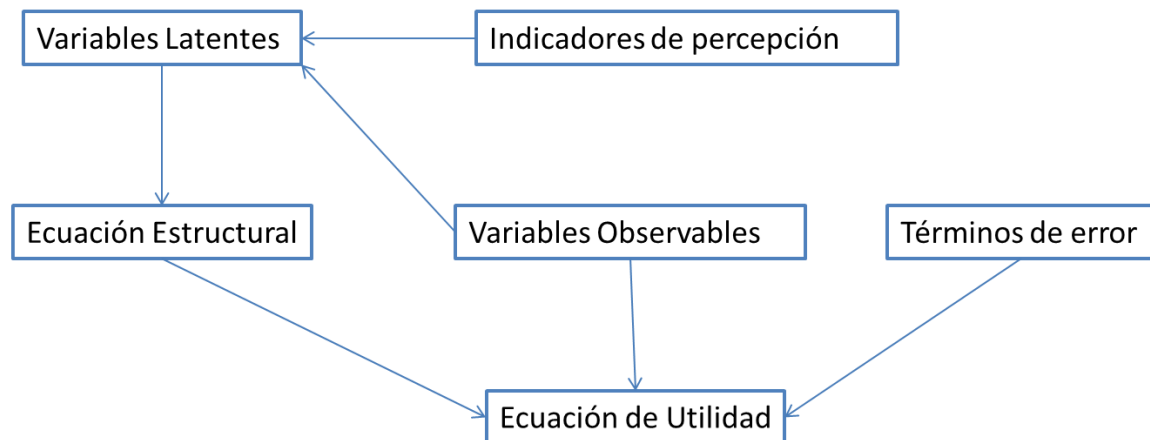
Yáñez (Yáñez, Raveau, & Ortúzar, 2010) y Córdoba (Córdoba, The Selection of a Mode of Urban Transportation - Integrating Psychological Variables to Discrete Choice Models, 2011), han demostrado empíricamente que la inclusión de estas variables latentes produce modelos más precisos, es decir, se ha demostrado que las variables latentes ayudan a explicar las elecciones.

El motivo por el cual estas variables ayudan a explicar las elecciones y generan modelos más precisos, radica en que no se concentran tan sólo en la elección como tal, sino que abarcan todo el proceso, desde la formación de las percepciones, la cual tiene que ver con la personalidad de cada individuo. Es decir, se trata de incluir variables que puedan explicar a un nivel más profundo en la psicología de cada persona, la elección final que dicho individuo realiza.

Dado que las variables latentes no se pueden medir directamente, para incorporarlas a las ecuaciones de utilidad, se utilizan relaciones con variables observables, estas relaciones se conforman en expresiones llamadas “ecuaciones estructurales” las cuales miden variables latentes a partir de indicadores de percepción que se relacionan con variables medibles (e.g. edad, ingreso).

Un diagrama que podría dar a entender la inclusión de variables latentes en los modelos de elección discreta es el mostrado en la Figura 2.

Figura 2. Inclusión de variables latentes



Fuente: Elaboración propia

Para explicar la estimación de los modelos híbridos, se puede retomar la explicación de Ben Akiva (Ben-Akiva & Boccara, 1995) en la cual se expone lo siguiente:

Se parte de un sistema de ecuaciones en el que se incluye una ecuación que contenga la utilidad de las alternativas planteadas, una que contenga las variables latentes y una que contenga los indicadores de las mencionadas variables latentes, dicho sistema podría presentarse como lo hacen la ecuación (3.17), ecuación (3.18) y ecuación(3.19).

$$\eta = h(x; F) + \eta \quad y \quad \eta \sim D(0, \Omega) \quad (3.17)$$

$$u = v(x, \eta; \beta) + \varepsilon \quad y \quad \varepsilon \sim D(0, \Xi) \quad (3.18)$$

$$y = g(x, \eta; Y) + \xi \quad y \quad \xi \sim D(0, \Theta) \quad (3.19)$$

$$d_j = \begin{cases} 1 & \text{si } u_j \geq u_s; j \neq s, \forall j, s \in A \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

En este sistema, cada término representa lo siguiente:

$\eta$  es un vector de  $m$  variables latentes.

$u$  es el vector de utilidades para el conjunto de alternativas disponibles

$y$  es el vector de indicadores de las variables latentes

$x$  es un vector de los atributos observables

$F, \beta$  y  $Y$  son matrices de parámetros desconocidos

$\eta, \varepsilon$  y  $\xi$  son vectores de componentes de error con media cero y matrices de covarianza  $\Omega, \Xi$  y  $\Theta$  respectivamente

$h, v$  y  $g$  son funciones que para este análisis se asumirán lineales.

Las funciones de distribución de las ecuaciones (3.17), (3.18) y (3.19) son  $f_1(\eta|x; F, \Omega)$ ,  $f_2(u|x, \eta; \beta, \Xi)$  y  $f_3(y|x, \eta; Y, \Theta)$ , respectivamente. Con el fin de estimar parámetros desconocidos, se emplea el método de máxima verosimilitud; se parte de un caso inicial en el cual no se tienen en cuenta las variables latentes y simplemente se calcula la probabilidad de un individuo  $i$  de escoger una alternativa  $j$  dentro de un conjunto de alternativas  $A$ . Dicha probabilidad se puede escribir de la siguiente manera:

$$P(d_j = 1|x_j; \beta, \Xi) = P(u_j \geq u_s; j \neq s, \forall s \in A) \quad (3.20)$$

Asumiendo independientes los términos de error ( $\eta$  y  $\varepsilon$ ), las variables latentes pueden ser incluidas en la ecuación (3.20), obteniendo una integral como la mostrada en la ecuación (3.21):

$$P(d_j = 1|x_j; \beta, F, \Xi, \Omega) = \int_n P(d_j = 1|x_j; \beta, \Xi) f_1(\eta|x; F, \Omega) \quad (3.21)$$

Asumiendo independientes los términos de error ( $\eta, \varepsilon$  y  $\xi$ ), podemos además de incluir las variables latentes, incluir también los indicadores de variables latentes, para de ésta manera lograr obtener la probabilidad de elección condicionada a las variables latentes y sus indicadores, es decir, incluir el efecto de estas variables en el cálculo de la probabilidad. Incluyendo estas variables, se podría escribir una integral para calcular la probabilidad como la ecuación (3.22):

$$f_4(d_j, y|x_j; \beta, Y, F, \Xi, \Omega, \Theta) = \int_n P(d_j = 1|x_j; \beta, \Xi) f_3(y|x; Y, \Theta) f_1(\eta|x; F, \Omega) \partial \eta \quad (3.22)$$

En la integral, el primer término es el modelo típico de elección, el segundo es la ecuación de medición de los indicadores de las variables latentes y el último término corresponde a la ecuación estructural de las variables latentes.

Debido, a que como se explicó al inicio del capítulo, se pueden asumir distintas distribuciones para los errores y dichas distribuciones son las que arrojan los diferentes tipos de modelos, se podría asumir una distribución de errores independientes e idénticamente distribuidos tipo Gumbel, así, se tendría un modelo Logit Multinomial y la ecuación (3.22), se transformaría en la ecuación (3.23) que se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} P(d_j = 1 | x_j; \eta, \beta) &= P(u_j \geq u_s; \forall s \in A) \\ &= P(v_j + \varepsilon_j \geq v_s + \varepsilon_s; \forall s \in A) \\ &= P(\varepsilon_j - \varepsilon_s \geq v_s - v_j; \forall s \in A) \end{aligned} \quad (3.23)$$

Como ya se ha mencionado, dado que no es posible saber con total certidumbre que el término en el paréntesis es real, se trabaja con probabilidades, y la expresión final que describe la probabilidad es la siguiente:

$$P(d_j = 1 | x_j; \eta, \beta) = \frac{e^{V_j}}{\sum_{s \in A} e^{V_s}} \quad (3.24)$$

Si se asume que los errores en la ecuación estructural ( $\eta$ ) y en la ecuación de medición de indicadores de variables latentes ( $y$ ) se distribuyen normalmente y de forma independiente, las variables latentes se pueden asumir ortogonales, es decir, si los indicadores de las variables latentes son condicionalmente independientes en  $x$ , las densidades son las mostradas en la ecuación (3.25) y la ecuación (3.26):

$$f_1(\eta | x; F, \sigma_{\eta}) = \prod_{l=1}^m \frac{1}{\sigma_{\eta_l}} \phi\left(\frac{\eta - h(x; F)}{\sigma_{\eta_l}}\right) \quad (3.25)$$

$$f_3(y | x, \eta; Y, \sigma_{\xi}) = \prod_{l=1}^m \frac{1}{\sigma_{\xi_l}} \phi\left(\frac{\eta - h(x; F)}{\sigma_{\xi_l}}\right) \quad (3.26)$$

Donde  $\sigma_{\eta_l}$  y  $\sigma_{\xi_l}$ , corresponden a las desviaciones estándar de  $\eta_l$  y  $\xi_l$ , respectivamente y  $\phi$  la función de distribución normal estándar, además  $m$  es el número de variables latentes incluidas en el modelo y  $p$  el número de indicadores que construyen cada una de esas variables (Ortúzar & Willumsen, 2001)

Si se utiliza el método de máxima verosimilitud, es posible la estimación de los parámetros desconocidos del modelo con variables latentes, de esta manera, la estimación consiste en maximizar el logaritmo de la muestra de la función de probabilidad sobre los parámetros desconocidos, de la siguiente manera:

$$\max_{\beta, \gamma, F, \varepsilon, \Omega, \theta} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{J_i} d_{i,j} \ln f_4(d_{i,j}, y_i | x; \beta, \gamma, F, \varepsilon, \Omega, \theta) \quad (3.27)$$



Es posible estimar modelos híbridos de dos maneras, la primera de ella es la simultánea, que consiste en estimar tanto el modelo de elección como el modelo de variables latentes de manera simultánea, mediante máxima verosimilitud, sin embargo este método aún es poco usado dada su alta complejidad y que no ha sido desarrollada para más de una variable latente.

La otra manera es el método secuencial, el cual consiste en estimar los dos modelos de manera separada, básicamente lo que se hace es estimar primero el modelo de variables latentes mediante el método de máxima verosimilitud, de esta manera se relacionan las variables latentes con las variables observables mediante la ecuación estructural. Posteriormente, se estima el modelo de elección, incluyendo los valores calculados para las variables latentes, estimando el modelo mixto mediante máxima verosimilitud o integración numérica. El método secuencial es adecuado si se tiene un tamaño de muestra adecuado, por tal motivo en esta investigación, se utilizará éste método.

## 4. ANÁLISIS DE LAS POLÍTICAS Y ESTADO DEL ARTE

A nivel mundial se ha buscado encontrar las mejores soluciones para la movilidad de los centros de las ciudades, los cuales, dada la gran atracción de viajes, generan grandes problemas para las personas que se desean transportar de manera eficiente hacia esos centros. Incluso, los viajes hacia el centro interfieren con viajes hacia otros destinos. En la revisión del estado del arte, se evidencia que en cuanto a políticas que ayuden a la movilidad, ya se ha hecho una gran cantidad de estudios sobre sistemas de peajes urbanos y cobros por congestión (Universidad Nacional de Colombia, 2012), sin embargo, los estudios existentes sobre parqueaderos recalcan sobre la necesidad de investigar con mayor profundidad el tema como política de ciudad, pues textos que hablan sobre planeamiento de ciudades, realizan críticas extensas a las políticas de movilidad, pero en estos no se toca el tema de los parqueaderos, lo cual resulta ilógico si tenemos en cuenta que el tránsito se compone básicamente por unidades vehiculares, redes de conexión y terminales o puntos de parqueo (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007), por lo que sería natural que las políticas que se pensarán tuviesen que ver con alguna de las tres, sin embargo hasta el día de hoy no se han avanzado estudios profundos para regular los parqueaderos.

En este capítulo se contiene el estado del arte en el tema de las investigaciones que se han realizado en cuanto a políticas de parqueaderos, adicionalmente se muestran algunos datos y estadísticas acerca del uso de los parqueaderos en la ciudad de Medellín, tomados de la Encuesta Origen Destino 2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2012). Posteriormente se explica el enfoque de la ciudad de Medellín hacia las políticas de parqueaderos mediante el análisis del Plan de Ordenamiento Territorial, aprobado en diciembre de 2014.

### 4.1 Estado del arte

Los modelos de elección discreta en el campo del transporte comenzaron a utilizarse y tuvieron un gran desarrollo en esquemas agregados, en los cuales se utilizaban datos como ingresos promedios por zonas o en general datos que pudieran servir para representar una población.

Este enfoque fue muy utilizado aproximadamente hasta los años 70 del siglo XX, cuando trabajos como el de McFadden (1973), cuando se comenzó a utilizar un enfoque desagregado, pues tal como se indica en el libro *Travel Demand Forecasting Project*, “Son los individuos los que viajan, no las zonas” (Domenech & McFadden, 1972).

La modelación desagregada permitió tener mayor precisión y conocer con mayor profundidad la estructura de razonamiento de los individuos a la hora de tomar decisiones con respecto a sus alternativas de viajes, teniendo como referente importante el trabajo de Ben Akiva y Lerman (Ben Akiva & Lerman, 1985) y de Forester (1979).

MCFadden (1973) trabajó modelos Logit demostrando que la distribución de los errores se puede trabajar como una distribución Gumbel. Posteriormente el mismo MCFadden en conjunto con Dommenich (1975) empezaron a aplicar modelos probabilísticos a la etapa de elección modal del Modelo Clásico del Transporte.

El Modelo Logit sin embargo poseía unas suposiciones muy fuertes que algunas veces no se cumplían por completo, como la independencia entre alternativas, por tales motivos se empezaron a tratar modelos como el Logit Jerárquico, trabajado por Williams (1977) en el cual se tienen, tal como se explicó en el Capítulo 3.2.1, dicho modelo tiene como ventaja poder utilizar grupos de alternativas en diferentes “Nidos” en los cuales se pueden tener alternativas correlacionadas.

Más adelante, se desarrolló el modelo Probit Multinomial, trabajado por Daganzo (1979), el cual consideraba heteroscedasticidad y correlación entre alternativas, suponiendo una distribución aleatoria Normal Multivariada con media cero y matriz de covarianza arbitraria, sin embargo tal como lo expresan Espino Espino et al (2005) “Una cuestión importante de este modelo es la dificultad a la hora de establecer la función de verosimilitud debido a que no existe una expresión cerrada para la probabilidad de elección de las alternativas. Para más de tres opciones, no es posible, analíticamente, estimar el modelo y hay que solventar este problema empleando procedimientos de simulación”.

Esta problemática es solucionada por medio de los modelos Logit Mixtos, trabajados desde los comienzos del siglo XX y que tal como lo demostraron MCFadden y Train (2000), cualquier modelo de utilidad aleatoria puede ser aproximado con cualquier nivel de precisión con un modelo logit mixto lo que los hace muy útiles.

Por último, se han desarrollado modelos híbridos, los cuales fueron presentados en el Capítulo 3.2.1, en el cual se mostró que autores como Ben Akiva et al (1995), Yáñez et al (2010) y Córdoba (2011), trabajaron estos tipos de modelos incluyendo variables latentes y demostraron que pueden ser muy útiles y añadir mayor precisión a la modelación de las elecciones modales y al entendimiento del proceso conductual de los individuos a la hora de tomar una decisión.

Se han realizado algunos modelos que incluyen el concepto de “Tours” (Shlftan & Rossi, 1997) (Bowman & Moshe, 2001), en los cuales no se conciben viajes separados sino conjuntos de viajes consecutivos, sin embargo en este caso no se tuvieron en cuenta este tipo de modelos dado que en general se observó que las personas no realizaban más viajes cuando llevaban sus vehículos al centro de la ciudad.

Se realizó una investigación profunda en el tema de los estudios relacionados con políticas de parqueaderos realizadas a nivel mundial, en este sentido se encontraron los siguientes estudios:

- (Roth, 1965) Fue el primero en abordar el tema de las políticas de parqueaderos, en un estudio específico realizado para la ciudad de Londres, en el cual indicó que los parqueaderos deben ser tratados como un bien cualquiera y se debía pagar por ellos, además de esto propuso dos principios, el primero dice que los parqueaderos deben ser usados por las

personas con mayor necesidad de ellos, y el segundo dice que solo debe ubicarse un parqueadero en algún lugar si los usuarios de parqueaderos lo necesitan más que los usuarios de otros tipos de suelos. Estos principios han sido fundamentales para el establecimiento de políticas de planificación y usos de suelo alrededor del mundo.

- (Topp, 1993) Estudió los problemas generados por los parqueaderos en varias ciudades alemanas con más de 200.000 habitantes, encontrando que aproximadamente un 40% a un 50% del total de vehículos parqueaderos lo hacía de manera ilegal y que existía una disputa por los lugares de estacionamientos entre residentes, trabajadores y vehículos livianos de carga. El principal foco del estudio es demostrar que el estado debe intervenir en la gestión de la demanda controlando el número de parqueaderos disponibles tanto en la vía como fuera de ella, pues mientras más espacios existan para parquear, más demanda vehicular se va a tener. Topp señala la importancia de eliminar los viajes no opcionales y darle prioridad a los necesarios, además indica que según su estudio es mejor darle una celda de parqueo en la calle a una persona que no mueva su auto en todo el día o que lo mueva máximo una vez, como es el caso de residentes y empleados de una zona, a dejarlo abierto al público que puede dar una rotación aproximada de 6 usos en el día según datos tomados en la ciudad de Múnich, lo que genera 5 veces mayor congestión.
- (Wilson, 1992) Investigó el efecto de tener parqueaderos pagados en las empresas por parte de los empleadores por medio de un modelo Logit Multinomial, encontrando que entre un 25% y un 34% de los viajes en auto al trabajo pueden ser disminuidos si las empresas cobran el parqueadero a los empleados.
- (Shoup, Evaluating the effects of cashing out employer-paid parking; eight case studies, 1997) estudió la aplicación de una política en el estado de California en la cual se le daba a los empleados de ocho firmas la posibilidad de escoger entre dinero en efectivo en lugar de celdas de parqueo o cualquier otro subsidio de parqueadero, en dicho estudio se observó que el uso de carros compartidos aumentó un 64%, el número de personas viajando solas en auto se redujo un 17%, los usuarios del transporte público aumentaron un 50% y las personas que caminaban o usaban bicicleta aumentaron un 12%. El estudio muestra los cálculos de los beneficios económicos y ambientales de la política.
- (Arnott & Rowse, Modeling parking, 1999) Proponen un modelo económico que señala cuál debería ser el precio óptimo de los parqueaderos para lograr un óptimo social, concluyendo que dicho óptimo se alcanza en un nivel en el cual el precio cubre las externalidades, en dicho modelo se logra integrar el tiempo de búsqueda para minimizarlo, de tal manera que se puedan disminuir las externalidades de alguna manera, mientras adicionalmente se paga por ellas.

- (Shiftan & Bur - Eden, 2001) Modelaron dos políticas para la ciudad de Haifa en Israel, la primera de ellas era el aumento en los costos de los parqueaderos y la segunda era la disminución en la oferta de parqueaderos, usaron tres tipos de modelos, a saber, Logit Multinomial, Binario y Logit Jerárquico. Los resultados de la investigación muestran que los viajeros que viajan con motivo trabajo, cambian con mayor facilidad su modo de viaje o el día de viaje, que su lugar de destino o cancelar el viaje. Por el contrario los usuarios que van con otros motivos como las compras o reuniones diferentes al trabajo, hacen todo tipo de cambios (de modo, de horario, de lugar) para evitar cobros o tener que buscar mucho tiempo parqueadero; lo anterior muestra que a pesar de que las políticas de cobro de parqueadero pueden ser efectivas, pueden ser negativas para el sector comercial. El estudio se llevó a cabo realizando 240 encuestas, de las cuales pudieron modelar con 1.440 observaciones, en general se tuvieron en cuenta, y además de los cambios modales se tuvo en cuenta posibles cambios de lugar de destino o cancelación del viaje.
- (Ison & Wall, 2002) Realizaron un estudio en el cual hallaron la percepción de las personas en relación a la gravedad de los problemas de salud pública generado por el tráfico vehicular, además de esto, analizaron la factibilidad de establecer una sobretasa para los parqueaderos de las empresas, de tal manera que esto pudiese servir para regular los viajes de los empleados, al final el estudio concluyó que las personas ven como situaciones graves las problemáticas de salud, sin embargo les parece igual de grave la congestión que los problemas de salud que ella ocasiona, adicionalmente se pudo establecer que las medidas relacionadas a aumento de cobros de parqueadero son tan impopulares como las medidas relacionadas con los cobros por congestión o el aumento en los precios del combustible, lo que hace que políticamente sean decisiones difíciles de tomar. La mayor parte de las opiniones reflejaron que para reducir un 10% de los viajes en auto al trabajo, se debía imponer una sobretasa de £ 500 al año por cada persona.
- (Anderson & Palma, 2004) Desarrollaron un modelo en el cual establecieron una ciudad con un centro geográfico que tenía una mayor demanda vehicular como ocurre en las grandes ciudades, la demanda iba disminuyendo a medida que se alejaba de dicho centro, Anderson y De Palma hallaron una expresión con la cual el precio variaba de acuerdo a la distancia que tuviese al centro de esta ciudad, y establecían posibles variaciones dependiendo de los niveles de saturación de los parqueaderos más cercanos al centro de la ciudad, teniendo una especie de monopolio para cada parqueadero teniendo en cuenta los niveles de saturación. El estudio concluye que si una persona sabe el precio de los parqueaderos en determinada zona, sabrá hasta dónde llegar en relación a la distancia al punto central que tiene más demanda, dependiendo su capacidad de pago, esto puede ampliarse teniendo muchos centros atractores de viajes y haciendo de ellos los lugares más costosos para parquear.
- (Rye & Ison, Overcoming barriers to the implementation of car parking charges at UK workplaces, 2005) Realizaron un nuevo estudio en el Reino Unido para analizar hasta el año 2005 la implementación de la política británica según la cual las empresas deben cobrar a

sus empleados por los parqueaderos provistos. En dicho estudio señalan que solamente lo consideran posible para organizaciones con más de 1.500 empleados, además se concluyó que en hospitales y universidades se debe cobrar a los clientes y estudiantes, respectivamente, de manera diferencial a los empleados, teniendo cobros más altos en los hospitales para los clientes que para los empleados, y cobros más bajos en las universidades para los estudiantes que para los empleados. Los autores consideran factible desarrollar este tipo de políticas de cobro, sin embargo recomiendan que las ganancias que se logren, sean invertidas en controles de parqueaderos e inversiones en transporte público.

- (Calthrop & Proost, 2006) Plantean un análisis de precios de los parqueaderos en la vía, concluyendo que el precio adecuado para estos parqueaderos es el costo marginal de un parqueadero fuera de la vía, en una ocupación que llaman óptima, y analizan su aplicación en el centro de Londres, demostrando que son mucho más efectivas las políticas relacionadas con el costo que con los tiempos límites de estadía.
- (Litman, 2006) Realizó un resumen de los efectos de múltiples políticas de parqueaderos (Parqueaderos compartidos, parqueaderos remotos, dinero en lugar de parqueaderos, menores requerimientos de parqueaderos, distritos de beneficios de parqueaderos, cobros en parqueaderos sobre la vía, cambio de destinaciones de parqueadero a otras actividades), y concluye que una política sola no hace grandes diferencias en la movilidad, pero la suma de las políticas puede ocasionar cambios y reducciones en el tráfico que van desde un 20% hasta un 40% dependiendo de la pertinencia de las medidas usadas y de las políticas aplicadas.
- (Rye, Cowan, & Ison, Expansion of a Controlled Parking Zone (CPZ) and its influence on Modal Split: The case of Edinburgh, 2006) Llevaron a cabo una investigación en la ciudad de Edimburgo, en la cual realizaron 466 encuestas a los ciudadanos que viajaban al centro de la ciudad, en ella encontraron que existía una tendencia a estacionar los vehículos en la vía justo en los límites de la zona controlada (cobro o prohibiciones por estacionar en la vía), por lo que evaluaron la ampliación de la zona controlada, lo que según el estudio podía ocasionar una disminución de hasta un 21% de viajes en auto a la zona, aumentando un 13% la proporción de viajes en bus, un 13% los viajes en tren y un 14% los viajes a pie, sin embargo aclaran que estos porcentajes podrían ser diferentes en otras ciudades por factores específicos de cada lugar.
- (Marsden, 2006) Desarrolló una recopilación de políticas relacionadas con los parqueaderos y señala que es fundamental que las políticas de parqueaderos no se implementen de manera aislada, deben ir acompañadas con otras políticas y mejoras al transporte que permitan a los usuarios tener una mayor cantidad de opciones alternativas al vehículo particular. Adicionalmente señala que no existe evidencia real de que las políticas de parqueaderos aplicadas en el centro de una ciudad, puedan hacer dicho centro, menos atractivo para los usuarios. Marsden señala que existe una importante falta de estudios más profundos en el

tema de parqueaderos, por ejemplo en el tema del establecimiento del número de parqueaderos máximos y mínimos en zonas residenciales.

- (Kelly & Kelly, 2006) Realizaron un estudio de la influencia del aumento del costo del parqueadero por medio de una muestra de 1.007 encuestas a personas que parqueaban en la vía, en el estudio observaron los cambios que se daban teniendo en cuenta el motivo del viaje, así obtuvieron que para precios bajos la influencia es igual para viajeros con motivo negocios que para viajeros con otros motivos, sin embargo a medida que los precios se van incrementando, las brechas entre los diferentes motivos van siendo evidentes. Los autores llaman la atención acerca de estos diferenciales para los planificadores de la ciudad, teniendo en cuenta las dinámicas de cada sector estudien los efectos que podrían tener los cambios en el precio de los parqueaderos en el desarrollo de un determinado territorio.
- (Lam, Li, Huang, & Wong, 2006) Desarrollaron un modelo de equilibrio de red en el cual analizaron diferentes horarios de salida de los usuarios, teniendo en cuenta diferentes motivos de viaje y diferentes opciones de parqueaderos. El modelo indica de manera teórica que hay una gran influencia de la demanda de tráfico, la distancia de caminata y el costo del parqueadero en las elecciones de los usuarios. Los autores aclaran que es importante tener en cuenta datos reales y validación en territorios reales para dar soporte al modelo. En el modelo encontraron que un costo diferencial que sea más alto en horas de alta demanda genera que los viajes de los usuarios sean más cortos, permitiendo ajustar la oferta y la demanda en casos en los cuales dicha demanda es muy alta.
- (Van der Waerden, Borgers, & Timmermans, 2006) Llevaron a cabo una investigación en la Universidad de Eindhoven, en la cual preguntaron a 700 conductores de auto que parqueaban en el campus, su posición frente a restricciones de ingreso al campus en diferentes situaciones, ya fuera con una barrera, prohibiendo el ingreso de las personas que no estaban relacionadas con el campus, o por medio de cobro. El modelo fue de tipo Logit Multinomial y se pudo observar que en general las políticas diferentes al cobro no generan cambios en el comportamiento de los usuarios, adicionalmente la mitad de los encuestados respondieron que cambiarían su modo de viaje o parquearían afuera de la universidad si les cobraran por el parqueadero. En general se observó que existe un impacto en la distribución modal del precio del parqueadero para el campus en estudio y que dicho impacto es mayor para los estudiantes que para los demás usuarios de los parqueaderos.
- (Leephakpreeda, 2007) Realizó un estudio en el cual utilizaba las características que creía eran las más importantes para los usuarios para escoger la celda de parqueadero en un determinado establecimiento, y plantea un sistema de tecnologías de información en el cual a cada usuario se le dice cuál es la mejor celda para parquear, las características son cercanía al edificio más cercano, distancia bajo sombra, entre otras que se consideran importantes. Esta investigación sin embargo plantea algunas inconsistencias ya que no se

discute la problemática de no saber el edificio de destino de cada usuario, lo que haría que el sistema no pudiese ser utilizable en casos que se tuvieran diferentes edificios de destino.

- (Rye, Hunton, Ison, & Kocak, 2008) Realizaron un interesante trabajo en el cual analizaron una consulta realizada en Edimburgo al sector comercial acerca de unas políticas planteadas en el tema de parqueaderos para la ciudad, mostrando las políticas propuestas y las aplicadas luego de la consulta. Este artículo es fundamental, pues muestra la importancia de la voluntad política para la aplicación de cambios en las dinámicas de movilidad de una ciudad, dicha voluntad es fundamental si se quiere que la investigación presentada en esta tesis pueda servir de manera real para la ciudad de Medellín.
- (Van Ommeren, Derk, & Dekkers, The real price of parking policy, 2008) Analizaron la disposición al pago y los costos de la circulación de residentes que buscan un parqueadero en su barrio, y encontraron que los costos son aproximadamente 10 veces menores que la disposición a pagar.
- (Arnott & Rowse, Downtown parking in auto city, 2009) Desarrollaron un modelo en el cual analizaron el comportamiento de los usuarios de parqueaderos en la vía y fuera de ella. En el modelo mostraron que debe existir una relación entre el precio de los parqueaderos en la vía y fuera de ella, además de mostrar que es más beneficioso aumentar los precios de los parqueaderos de manera variable, que aumentar la cantidad de parqueaderos disponibles, adicionalmente señala que un aumento en el precio de los parqueaderos fuera de la vía debe ir acompañado de un aumento en los cobros de parqueadero en la vía, de tal manera que esta no se sature y los usuarios viajen por largo tiempo intentando hallar parqueaderos gratuitos o con precios muy bajos en la vía.
- (Arnott & Inci, The stability of downtown parking and traffic congestion, 2010) Los autores plantean un modelo que aunque no está relacionado directamente con las políticas de parqueaderos, hace ver la necesidad de ellas. Demuestran mediante un modelo, que al aumentar las demandas en las redes de flujo, este flujo disminuye, tal como lo había propuesto Greenshields en sus planteamientos de Ingeniería de Tránsito, pero que en muchos modelos no se tiene en cuenta, normalmente se decía que si la demanda de un sistema aumentaba, el flujo permanecía constante pero los tiempos de viaje podían aumentar dado que se formaban colas, Arnott et al muestran mediante su modelo que al aumentar la demanda, el flujo disminuye, lo que hace redes menos eficientes, y propicia la aplicación de medidas, dentro de las cuales puede estar incluida alguna política de parqueaderos.
- (Shoup, The high cost of free parking, 2011) Actualizó su primer libro sobre el tema de los parqueaderos, en dicho libro toca tres temas relacionados con los parqueaderos:
  - La poca utilidad que trae a las ciudades los requerimientos mínimos de parqueaderos, proponiendo dos soluciones para ello, la primera es que se cobren cargos monetarios



- con los que se evite tener que construir parqueaderos en los diferentes proyectos, el dinero recogido puede ser usado para construir parqueaderos comunitarios que se ajusten a las demandas colectivas, teniendo en cuenta las mezclas de usos, la segunda solución es cobrar a los empleados de las empresas, de tal manera que se reduzcan las demandas y así poder reducir la cantidad de celdas que se requieren.
- Examina los daños producidos por los vehículos que circulan en busca de parqueadero gratuito en la vía, estableciendo que según varios estudios a nivel mundial, en promedio un 8% de toda la circulación vehicular se da en busca de parqueadero. Para esto propone un sistema de cobros en la vía que internalice las externalidades generadas, dichos cobros deben ser variables dependiendo de la demanda que se tenga, del momento del día y del lugar en el cual se ubique el parqueadero en la vía.
  - En la última parte de su libro, Shoup analiza las dificultades y los retos que tiene el sector de los parqueaderos, para llegar a aplicar las soluciones que describe en las dos partes anteriores. La primera medida que se debe tener es la aplicación de la tecnología en los parquímetros, ya sea mediante las adaptaciones tecnológicas a estos amoblamientos, de tal manera que se pueda controlar en tiempo real la demanda e ir cambiando las tarifas de acuerdo a ella, además de permitir múltiples modos de pago; además de esto le da solución a los posibles problemas políticos que podría significar la aplicación de cobros en la vía, ante esta problemática Shoup propone la creación de distritos de parqueaderos, en los cuales las ganancias que se tengan por el cobro de parqueaderos sean aplicados a la misma zona en la se cobran. De esta manera se logra una mejor aceptación de la comunidad, mediante acciones como mejoras en el urbanismo o exenciones de pago de alumbrado público.
- (Holguín-Veras, Yushimito, Aros-Vera, & Reilly, 2012) Se hace un análisis de la ubicación óptima de establecimientos Park And Ride, asumiendo que el usuario usará estos establecimientos, si y sólo si los costos generalizados son menores que los de la alternativa de simplemente conducir, el análisis se hace para dos escenarios, uno unidimensional, simulando un corredor, y otro bidimensional, simulando una zona típica plana. Encontraron dos distancias que son fundamentales a tener en cuenta, la primera es la distancia a partir de la cual los usuarios usan el establecimiento de Park and Ride y terminan su viaje en otro modo, la segunda distancia es la distancia a partir de la cual los usuarios consideran que no vale la pena cambiar de modo y prefieren llegar a la zona congestionada. De igual manera encontraron que la zona de influencia de un establecimiento de Park and Ride depende directamente del nivel de servicio de la red, mientras mejor sea este la zona aumenta de tamaño.
  - (Spiliopoulou & Antoniou, 2012) Analizaron los comportamientos de los conductores en seis ciudades griegas ante las prohibiciones de parqueo en ciertos lugares. Encontraron que en las ciudades pequeñas, hay una tendencia a ir a almorzar al hogar, por lo que en esos horarios, las demandas de parqueaderos son bajas, además se tiene la tendencia de

parquear lo más cerca posible al lugar de destino sin importar si el lugar es legal o ilegal, mientras que en las ciudades grandes, no existe la posibilidad de ir a almorzar a la casa, además, en las ciudades estudiadas, existe estación de tren, la cual posee una demanda de parqueaderos alta que se mantiene todo el día, y las situaciones de parqueo ilegal normalmente se dan cuando el resto de los lugares de parqueo legal están saturados.

- (Teixin, Miaomiao, & Ze, 2012) Desarrollaron un modelo de predicción de la demanda de celdas de parqueadero para un centro de negocios de una ciudad, el cual tuviera en cuenta mantener los niveles de servicio del tráfico y algunas consideraciones adicionales que los modelos tradicionales no han tenido en cuenta, luego lo aplicaron a la ciudad de Tianjin en China teniendo en cuenta el aumento en las tasas de crecimiento del parque automotor.
- (Van Ommeren, Wentink, & Rietveld, Empirical evidence on cruising for parking, 2012) Hacen un análisis del tiempo que se tardan los usuarios en encontrar parqueadero en Holanda, teniendo muestras aleatorias, que excluyen a los usuarios que tienen asegurado un parqueadero y a los usuarios que van a parquear en sus hogares, encontrando que los viajes que más tardan en encontrar un parqueadero son los viajes que tienen un motivo de ocio o compras y los viajes que tienen un mayor tiempo de permanencia en el lugar.
- (Barter, 2012) Hace un recuento de las políticas de parqueaderos que se han aplicado a 14 grandes ciudades asiáticas, en dicho recuento, encontró que en general en Asia (Exceptuando algunas ciudades como Singapur) aún persisten políticas en pro del automóvil particular, a pesar de tener una gran cantidad de usuarios de transporte público y una baja tasa de tenencia vehicular.
- (Guo, Home parking convenience, household car usage, and implications to residential parking policies, 2013) Realizó un análisis del uso de los vehículos en hogares, teniendo en cuenta la existencia o no de parqueadero propio fuera de la vía, y encontró que el uso de vehículos es mucho mayor en hogares que poseen parqueadero que en hogares en los cuales los vehículos se deben parquear en la vía.
- (Guo & McDonnell, Curb parking pricing for local residents: An exploration in New York City based on willingness to pay, 2013) Analizaron la factibilidad de realizar un programa de cobros a residentes que parquean en la vía, dependiendo del tipo de área y el tipo de vía, encontrando que en gran parte de las respuestas se ve que los residentes tienen buena disposición al pago
- (Simicevic, Vucanovic, & Molosavljevic, 2013) Realizaron un modelo Logit Multinomial que analiza en Belgrado la influencia del cobro de parqueadero en la demanda de este y los tiempos máximos de estadía, analizando los tipos de usuario más sensibles a la aplicación de políticas de parqueaderos, además analizan si los centros atractores de viajes se ven

afectados con la aplicación de estas políticas y concluyen que un porcentaje muy bajo de usuarios decide no viajar con la aplicación de las políticas. Es importante aclarar que solamente se desarrolla un modelo Logit Multinomial, además que no se incluyen variables latentes en el estudio, lo que muestra que la presente tesis va más allá de lo que los artículos con temas similares han tratado previamente.

- (Wang & Yuan, 2013) Hicieron un recuento de las políticas más utilizadas a nivel mundial en temas de parqueo y hacen sugerencias en este tema, sin embargo no desarrollaron modelos en ninguna de ellas ni realizan cálculos precisos que las desarrollen
- (Hymel, 2014) Analiza el efecto en los cambios de costo de parquímetros cerca de dos establecimientos comerciales, mostrando que hay un efecto del cobro excesivo en la demanda que tienen los establecimientos comerciales, por lo tanto es necesario que se realicen estudios de cobros si no se quiere afectar a los usos comerciales en determinados lugares.
- (Arnott, Inci, & Rowse, Downtown curbside parking capacity, 2015) Analizan la cantidad de estacionamientos en la vía pública que se deben ofrecer en dos escenarios teóricos, en el primero se ofrece parqueadero solamente en la vía cuando las demandas de tránsito son pequeñas, tanto en la vía como fuera de ella cuando son intermedias y solamente fuera de la vía cuando son altas. En un segundo escenario se analiza la cantidad de parqueadero que se requiere a medida que se va aumentando la diferencia de precios en la vía y fuera de ellos, hasta el punto en el cual todo el parqueo se produce en la vía. Concluyen que para disminuir las personas en busca de parqueaderos en la vía es necesario que este sea igual o más caro que fuera de la vía.
- (Inci & Lindsey, 2015) Analizan la competencia entre parqueaderos en la vía y fuera de ella, teniendo en cuenta costos variables de los parqueaderos en vía pública. Muestran que por medio de costos variables, se puede llegar a un óptimo social en el cual las personas minimizan sus tiempos de búsqueda y de viaje, sin embargo resaltan que es un paso que puede tener un alto costo ir de un sistema de cobro fijo a uno variable.
- (Marcucci, Gatta, & Scaccia, 2015) : Investigaron las políticas de parqueadero de cargue y descargue, proponiendo modelos que mostraran la necesidad en algunos lugares de la ciudad de establecer zonas dedicadas al cargue y al descargue de mercancía y cuáles son los factores que influyen a la hora de encontrar una bahía de parqueo libre.
- (Zakharenko, 2016) Desarrolló un modelo que muestra la proporcionalidad entre el precio óptimo del parqueadero y la tasa de llegadas y su proporcionalidad inversa con el cuadrado de la tasa de ocupación de las celdas existentes, adicionalmente se realiza un análisis que

concluye que el precio del parqueadero modifica más las salidas del parqueadero que las llegadas a él, es decir modifica la duración de la estadía, se proponen ejemplos del modelo.

Se puede ver por lo tanto, que de los estudios realizados hasta el día de hoy, no se tienen estudios que involucren la modelación de variables latentes y que la mayor parte de los estudios que involucran modelos de elección discreta solamente han llegado a utilizar modelos Logit Multinomial, por lo que es un avance elaborar modelos tipo Logit Mixto e Híbridos, que permitan un nivel de profundidad mayor y unos modelos más robustos, que no necesariamente cumplan con todas las hipótesis que deben cumplir los modelos Logit Multinomiales y que en ocasiones es difícil cumplir.

La política de aumento de cobros de parqueadero se muestra como tal vez la política más interesante a evaluar, ya que los estudios en el tema demuestran que puede tener un efecto importante en la demanda vehicular, lo que hace pensar que si se aplica en la ciudad de Medellín, podría ayudar a obtener unos cambios en la partición modal que ayuden a lograr un modelo de ciudad como el que se quiere alcanzar.

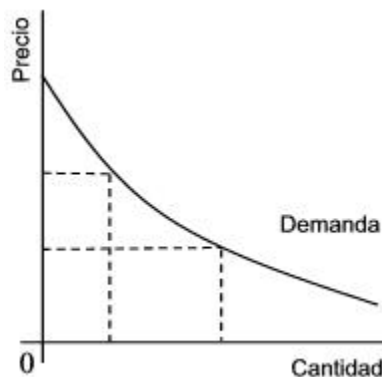
## 4.2 A nivel mundial

### 4.2.1 Políticas relacionadas al cobro

- **Control de la movilidad mediante el valor del parqueadero**

Esta política consiste en controlar la demanda vehicular, mediante la tarificación de uno de los tres componentes del transporte terrestre, a saber, vehículos, redes y terminales. Si se tarifica el valor de las terminales, la demanda se podría regular, esto se ha evidenciado en la ciudad de Los Ángeles (Shoup, The high cost of free parking, 2011), igualmente en Londres (Roth, 1965). Adicionalmente desde los conceptos fundamentales de la economía, al aumentar los costos de un bien, la demanda por este bien disminuye, esto se puede observar en la Figura 3.

Figura 3. Curva fundamental de demanda de un bien



Fuente. (Economía Web Site, s.f.)

La curva refleja la disposición al pago de los usuarios, por lo que se puede intuir que si se cobra más por el parqueadero, o si se empieza a cobrar en los sitios en los cuales actualmente se brinda el servicio de manera gratuita, la demanda disminuirá en una proporción, la cual puede ser hallada mediante modelos de elección discreta, como ya se observó en el Capítulo 3. Esta política aplica tanto para estacionamientos en la vía pública como fuera de ella.

- **Reducir o eliminar los requerimientos mínimos de parqueo en áreas de tránsito intenso y con opciones de transporte adicionales al auto particular**

Para la ciudad de Medellín, esta política fue implementada en su actual Plan de Ordenamiento Territorial. Consiste en eliminar las exigencias mínimas de construcción de estacionamientos. En Austin, California (Planetizen, 2016), también ha sido implementada, sin embargo, ninguna de las dos ciudades ha tenido en cuenta zonificar, pues existen lugares con deficiencias de transporte público, en los cuales es importante brindar parqueaderos para las personas que se transportan en auto particular. Esta política hace que disminuyan los costos de los consumidores de bienes en general, pues disminuyen el valor de inversión desde el cual el vendedor parte para calcular los precios de sus productos.

- **Cuerpos de parqueaderos**

En la ciudad de Los Ángeles, se ha creado una división especial dentro de la administración municipal, la cual está encargada de imponer multas y controlar las infracciones de tránsito relacionadas con los parqueaderos, de esta manera se previene la invasión del espacio público y se mejora la movilidad. En Medellín, la Secretaría de Movilidad posee actualmente unidades móviles para imponer infracciones a vehículos mal estacionados y hasta el momento es una política exitosa para la ciudad.

- **Distritos de beneficios de parqueaderos**

Política implementada en muchas ciudades, por ejemplo Houston (The city of Houston, 2016), en ella, se cobra a las personas que se estacionan en la vía en algunos barrios, y el dinero que se recoge de allí, se invierte directamente en el barrio o en el transporte público o no motorizado, de tal manera que se pueda generar una aceptación por parte de la comunidad de una política de cobros.

- **Voucher de parqueo**

Esta medida consiste en tener lugares de venta de Vouchers o tiquetes de parqueo prepagos, de esta manera, los conductores pueden dejar el Voucher en un lugar visible y así poder estacionar en determinadas zonas, de esta manera se elimina la necesidad de personal de cobro en zonas de estacionamiento regulado por medio del cobro y se hace más eficiente el sistema. Se ha utilizado de manera satisfactoria en la ciudad de New Haven.

- **Zonas de diferentes penalidades**

Básicamente esta política plantea que los cobros de penalidades por infracciones relacionadas al parqueadero deben ser diferentes dependiendo de la zona en la cual se cometa la infracción, partiendo de una tarifa base que vaya subiendo a medida que los sitios van siendo más congestionados. Ha sido aplicada exitosamente en la ciudad de Londres.

#### 4.2.2 Políticas relacionadas a la regulación por tiempo

- **Tiempos máximos de estadía**

La política actualmente se aplica en la ciudad de Medellín, consiste en permitir el estacionamiento en la vía pública por períodos máximos de tiempo de tal manera que exista mayor probabilidad de encontrar parqueaderos disponibles, hay que señalar que en la ciudad de Medellín la política se aplica sólo con señalización, dado que no hay control efectivo por parte de la Secretaría de Movilidad del cumplimiento de dicha norma, adicionalmente como señala Shoup (Shoup, The high cost of free parking, 2011), es una política inservible en términos de movilidad, dado que incentiva la rotación de los estacionamientos generando una mayor atracción vehicular al punto donde se encuentra la restricción y por lo tanto una mayor demanda vehicular, de la cual no se obtienen ningún beneficio económico.

- **Cobro por tiempo aproximado al tiempo real**

Es una política sumamente interesante analizada por Caicedo (Caicedo, 2005), plantea que el cobro a los usuarios se realice en fracciones de tiempo pequeñas, mientras más aproximadas al tiempo real, será mejor. De esta manera se evita que las personas se demoren más de lo que necesitan por la holgura de tiempo que poseen cuando los intervalos de tiempo de cobro son muy grandes.

- **Horarios de estadía**

Política que consiste en establecer mediante señalización, los horarios en los que se permite (o no se permite) el estacionamiento en determinados lugares, esto teniendo en cuenta el paso de vehículos de limpieza de las calles o recolección de basuras. En la ciudad de Medellín, se tiene la señalización pero no el control necesario para que la política sea efectiva, especialmente en las zonas de cargue y descargue. Un ejemplo de este tipo de señalización se puede observar en la Figura 4.

Figura 4. Señalización tiempo máximo de estadia



Fuente. (My Parking Sign, 2016)

- **Permisos para residentes para parquear en vías específicas (sólo los residentes con permiso pueden parquear y en horarios específicos)**

Esta política consiste en brindarle la posibilidad a los residentes de zonas con baja demanda vehicular de utilizar la calzada para estacionar, esto se logra mediante unos permisos, como el observado en la Figura 5, en dichos permisos se establecen los horarios permitidos para estacionamiento, los cuales tienen en cuenta horas de máxima demanda y posibles necesidades especiales (mantenimiento, aseo de la vía o paso de camión recolector de basura). No es aplicable en zonas de alta demanda vehicular, por lo que para el área definida para la actual investigación, no tendría posibilidad de implementación.

Figura 5. Permiso de parqueadero para residente (San Francisco)



Fuente. (San Francisco Municipal Transportation Agency, 2016)

### 4.2.3 Políticas relacionadas a la señalización y cultura vial

- **Pintura en los bordillos de los andenes para zonificar el estacionamiento**

Es una política que podría tener un gran impacto en la ciudad de Medellín, consiste básicamente en señalar los bordillos o sardineles de los andenes mediante pintura de diferentes colores, cada uno de los cuales debe tener un significado específico (e.g: No parquear bajo ninguna circunstancia, parqueadero exclusivo de personas en situación de discapacidad, permitido parquear), de esta manera no se gasta gran cantidad de pintura y la que se gasta perdura por gran cantidad de tiempo pues los bordillos no son desgastados por peatones o vehículos, como lo hace la señalización horizontal que actualmente se usa en la ciudad de Medellín. Adicionalmente se establece con claridad la longitud de la vía en la cual se aplica una reglamentación, pues actualmente los conductores han tomado la mala costumbre de estacionar justo después de las señales, lo cual es igualmente dañino con la movilidad. La Figura 6 muestra un ejemplo de la aplicación de esta política.

Figura 6. Señalización de bordillos o sardineles



Fuente. (A & A Restriping, 2016)

- **Controles y regulaciones a establecimientos comerciales (compraventas de autos y talleres)**

Consiste en generar regulaciones y normativa para el manejo de la demanda vehicular que generen los establecimientos de comercio como compraventas de autos, talleres, restaurantes, entre otros, de tal manera que no invadan el espacio de los peatones ni los antejardines y causen el menor impacto ambiental y a la movilidad posible. Para la ciudad de Medellín esto se está desarrollando actualmente por medio de los Protocolos Ambientales Urbanísticos (PAU), reglamentados en el Acuerdo 048 de 2014 (Medellín, 2014).



- **Campañas de socialización**

Es importante que se realicen campañas de socialización en las cuales se instruya a los usuarios sobre la reglamentación actual, en el caso de Colombia la ley 769 de 2002 (Código Nacional de Tránsito) y demás reglamentación específica para la ciudad de Medellín, pues gran cantidad de las infracciones de tránsito que se cometen se deben al desconocimiento de la norma.

#### **4.2.4 Utilización de tecnologías de información y comunicación en los parqueaderos**

- **Utilización de cámaras de control vehicular**

Ésta es una política que ha sido implementada de manera exitosa en la ciudad de Barcelona, consiste en utilizar las cámaras de seguridad y de control de infracciones de tránsito, para el control de las infracciones de tránsito. La política ha comenzado a aplicarse a la ciudad de Medellín desde el año 2015.

- **Instalación de sensores en las celdas de parquímetro**

Es una política de automatización de información de parqueaderos, consiste en la instalación de sensores como los que se observan en la Figura 7. Estos sensores pueden transmitir a una central en tiempo real para informar a los usuarios acerca de la disponibilidad de parqueaderos, igualmente puede brindar información valiosa sobre horarios y cantidad de celdas ocupadas en determinados lugares, lo que puede ser un insumo importante para toma de decisiones por parte de los gobernantes.

Figura 7. Sensores en celdas de parqueaderos



Fuente. (NEDAP Identifications Systems, s.f.)

- **Aplicaciones móviles**

Esta política está relacionada con la anterior, y se está utilizando mucho en la actualidad en diferentes ciudades del mundo, consiste en el desarrollo e implementación de aplicaciones para celulares y dispositivos electrónicos inteligentes que permitan obtener información acerca de la disponibilidad de celdas en algún parqueadero o de la ubicación de establecimientos de parqueo cercanos. La política es aplicable y muy beneficiosa en términos de movilidad, pues ayuda a disminuir el tiempo de búsqueda de parqueadero, cuya demanda vehicular, según Arnott y Rowse (Arnott & Rowse, Modeling parking, 1999) puede constituir aproximadamente entre el 30 y el 60% del volumen vehicular total en lugares congestionados.

- **Parqueaderos utilizando el celular**

Es una política que se ha implementado con buenos resultados en la ciudad de Londres, consiste básicamente en la eliminación del pago físico del parqueadero, pudiendo pagar mediante aplicaciones móviles o llamadas a centrales telefónicas, en lugar de pagarle a impulsadores de parquímetros como los que se encuentran en la ciudad de Medellín actualmente.

#### 4.2.5 Otras políticas

- **Parqueaderos de bicicletas**

Incentivar el uso de modos alternativos como la bicicleta, brindando la infraestructura complementaria que requieren para su uso adecuado como los biciparqueaderos, puede causar un impacto en la demanda del auto particular y generar una disminución en los volúmenes vehiculares, lo mismo ocurriría con un sistema de transporte integrado y eficiente.

- **Sólo permitir compra de vehículos si se tiene parqueadero**

En Japón, tal como se ha explicado anteriormente, desde 1962 se tiene una ley que apoya una política para la adquisición de vehículos, sólo se permite la compra de un vehículo, si el comprador demuestra que tiene un lugar en el cual estacionarlo. Adicionalmente, para realizar control de la política, se hacen operativos de vigilancia, remolcando los vehículos que estén invadiendo el espacio público. Esto permite que la movilidad sea mejor y que se controle el crecimiento desmedido del parque automotor, teniendo un crecimiento parejo entre la infraestructura y el vehículo.

- **Multas para evitar construir parqueaderos**

La política consiste en establecer pagos a las administraciones locales por la construcción de parqueaderos. En la ciudad de Medellín, existen unos topes máximos de construcción de parqueaderos, por encima de los cuales, se debe pagar al municipio multas. Su beneficio consiste en desincentivar el uso del vehículo particular, a la vez que se reducen los costos de

construcción y los usuarios no tienen que adquirir un inmueble con un parqueadero que no van a utilizar.

## **4.3 A nivel metropolitano**

### **4.3.1 Análisis EOD 2012**

En el año 2011, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, estuvo encargada del Estudio Origen – Destino del Valle de Aburrá, para este fin contrató a la Universidad Nacional de Colombia, quienes desarrollaron dicho estudio y a mediados del año 2012 se tuvieron resultados. Este estudio pretendía realizar un análisis de la movilidad en la ciudad de Medellín y los demás municipios del Área Metropolitana.

Para su realización se hicieron encuestas a hogares, adicionalmente se llevaron a cabo aforos en los puentes que cruzan el Río Medellín y en cordones externos al Valle de Aburrá, en puntos ubicados en los peajes circundantes del Área Metropolitana, con el fin de validar y ajustar los datos obtenidos en las encuestas.

Las encuestas tuvieron en cuenta todos los modos posibles de viaje y su partición modal, por lo que se realizaron encuestas a una gran cantidad de usuarios de auto que viajaban al centro de la ciudad de Medellín desde diferentes lugares del Valle de Aburrá. Estos datos son de gran utilidad para el desarrollo de la presente investigación y se han analizado de manera profunda, para poder tener un panorama de la situación de movilidad en auto hacia el centro de la ciudad.

A los usuarios de autos se les realizaron las siguientes preguntas en lo que se refiere a los parqueaderos:

1. Dirección del origen del viaje
2. Dirección del destino del viaje
3. Hora de inicio del viaje
4. Hora de finalización del viaje
5. Etapas del viaje
6. Costo del parqueadero
7. Tipo de parqueadero
8. Frecuencia del viaje
9. Motivo de viaje

Adicional a estas preguntas, se realizó una caracterización socioeconómica de los encuestados, preguntando su edad, el estrato económico, ingresos, sexo, ocupación y nivel educativo. A continuación se muestran los resultados más importantes del análisis realizado.

• **Datos generales**

En total, se registraron 529 viajes de personas hacia el centro, a cada una de ellas se le aplicó un factor de expansión teniendo en cuenta el tamaño muestral de la zona en la que se ubicaba dicha encuesta, lo que arrojó un total de 35006 viajes al centro de la ciudad en auto. Esto se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos generales de la encuesta EOD 2012

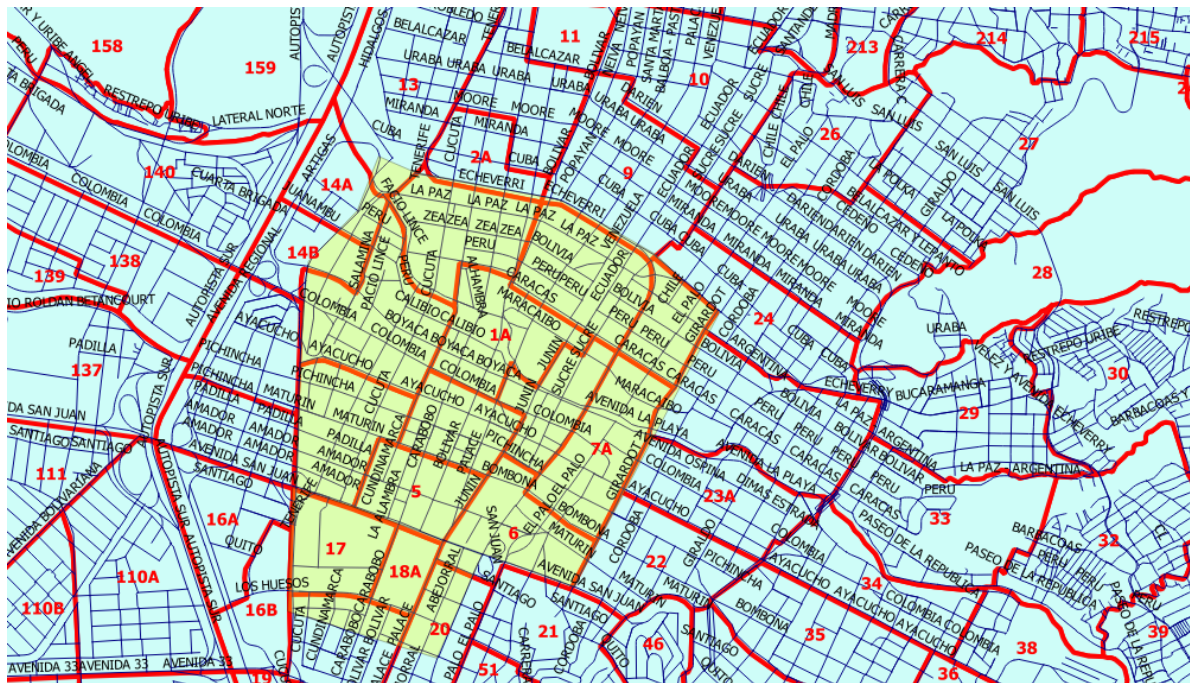
Número de encuestas realizadas	529
Número de viajes expandidos	35006

Fuente. Elaboración Propia

Es importante aclarar que a pesar que estos viajes reflejan solamente los que tienen como destino final el centro de la ciudad, hay una cantidad mucho mayor de viajes que circulan por el centro de la ciudad, entre los que se cuentan los que tienen como origen esta zona y los que pasan por este lugar yendo hacia otro lugar. Esto hace que la cantidad de viajes sea mayor y por la importancia que tiene el centro en la dinámica de la ciudad se cree que la población de estudio es significativa y merece ser estudiada de manera detallada.

La zonificación tomada para las encuestas es la que se observa en la Figura 8, en ella se puede ver que se abarca la zona comprendida entre las carreras 57 (Avenida El Ferrocarril) y 43 (Girardot), y las calles 41 (Los Huesos) y 58 (Echeverry).

Figura 8. Zonificación



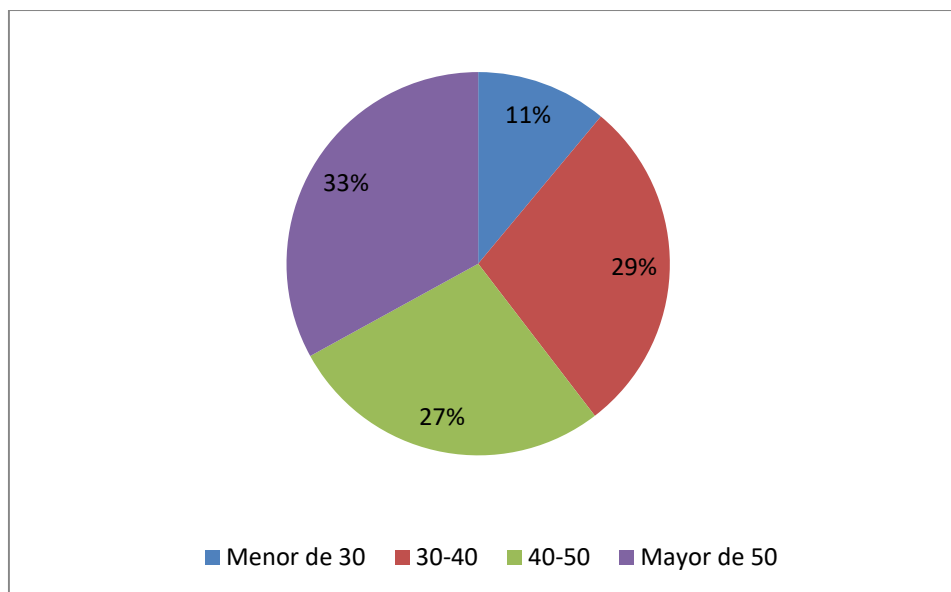
Fuente. Elaboración Propia

- **Análisis socioeconómico de los encuestados**

El análisis socioeconómico de los encuestados permite establecer los perfiles de las personas que viajan al centro en auto, de esta manera se pueden establecer porcentajes para las personas a encuestar, es decir, en las encuestas se trata de replicar la población que en efecto viaja al centro, encontrada desde la EOD 2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012).

Como primer factor se tiene el género de los viajeros, al analizar este aspecto se puede observar que el 70% son hombres y el 30% son mujeres, los rangos de edad que se indican en la Figura 9 señalan que la mayor parte de los viajeros es mayor de 30 años, teniendo sólo un 11% menor de esta edad, esto muestra que los usuarios de auto en general son personas adultas y en edad productiva.

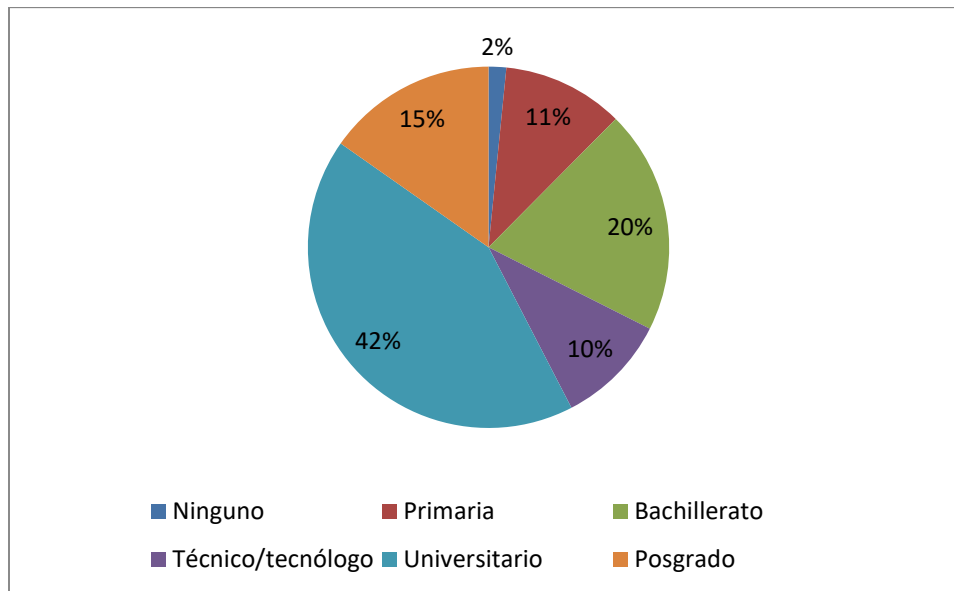
Figura 9. Edades de viajeros al centro en auto



Fuente. Elaboración propia con base en EOD 2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012)

En cuanto al nivel educativo (Figura 10), se observa una gran proporción de profesionales, lo cual es normal para este modo, pues son personas con capacidad adquisitiva y posibilidad de acceder a un vehículo privado propio.

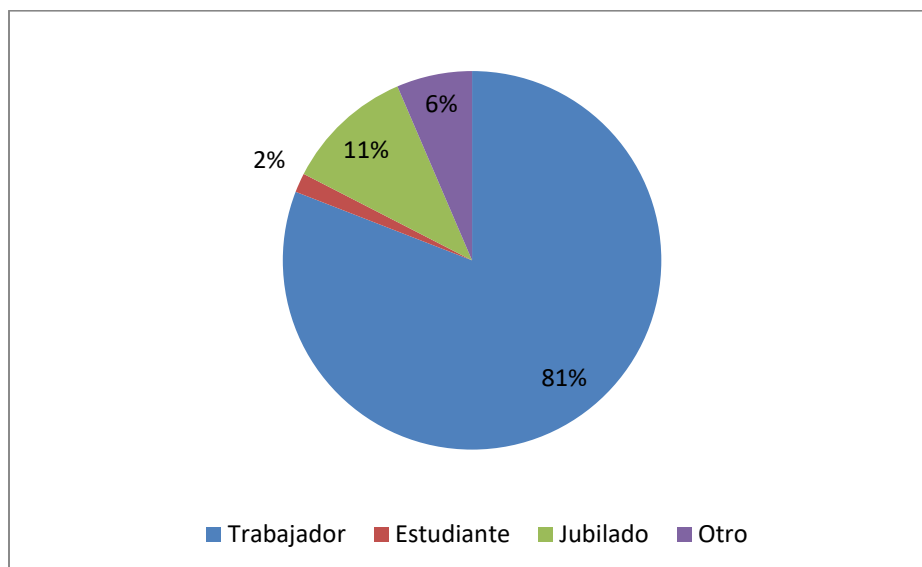
Figura 10. Nivel educativo de viajeros al centro en auto



Fuente. Elaboración propia con base en EOD 2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012)

La gran mayoría de las personas (81%) que viajan al centro en auto, son trabajadores, lo que está acorde con los datos de edades que se encontraron anteriormente. Se corrobora esto además por el bajo porcentaje de estudiantes (2%), los cuales en general son personas menores de 30 años, que fue el porcentaje más bajo hallado según la Figura 11.

Figura 11. Ocupación de viajeros que usan auto al centro



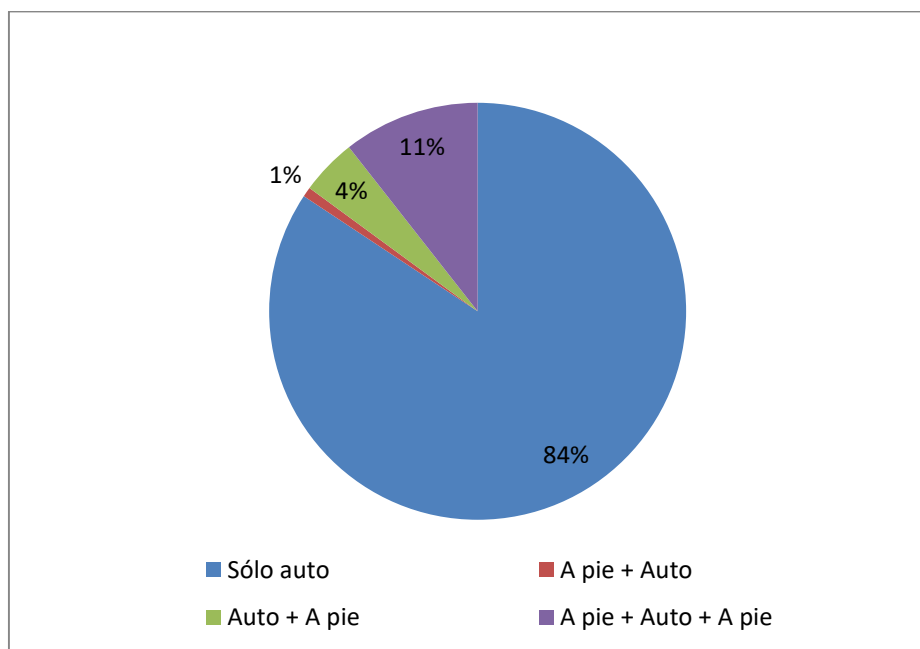
Fuente. Elaboración propia con base en EOD 2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012)

- **Análisis de los viajes realizados**

Al analizar los viajes que se realizan, se puede establecer una zonificación de los orígenes de los viajes, igualmente analizar si son viajes obligados o no y por último, analizar las características que permitan establecer la situación actual del uso de parqueaderos en el centro.

En general, tal como muestra la Figura 12 los viajeros utilizan sólo auto, sin embargo un pequeño porcentaje utiliza auto combinado con etapas a pie, esto se puede deber a que poseen parqueaderos retirados de sus orígenes, adicionalmente los lugares en los cuales estacionan en el centro de la ciudad, se encuentran lejos de sus destinos finales, o que dejan el auto estacionado en algún lugar y posteriormente hacen varias diligencias a pie.

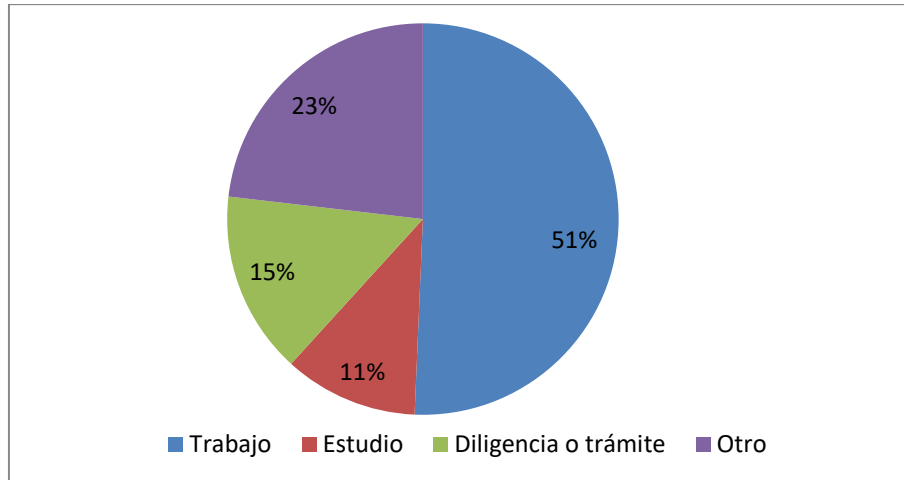
Figura 12. Porcentaje de etapas peatonales complementarias en los viajes en auto al centro



Fuente. Elaboración propia

Se puede observar una congruencia total entre la ocupación de los estudiantes y el motivo de viaje de estas personas (Figura 13), pues ambos poseen un 11% del total de los viajes. Sin embargo, las personas que poseían como ocupación trabajo, eran un porcentaje mucho mayor de las que tienen por motivo el trabajo, esto demuestra que el centro de la ciudad es un lugar de múltiples actividades, donde las personas viajan a realizar diligencias, compras, citas médicas, entre otros motivos, a pesar de tener ocupaciones diferentes.

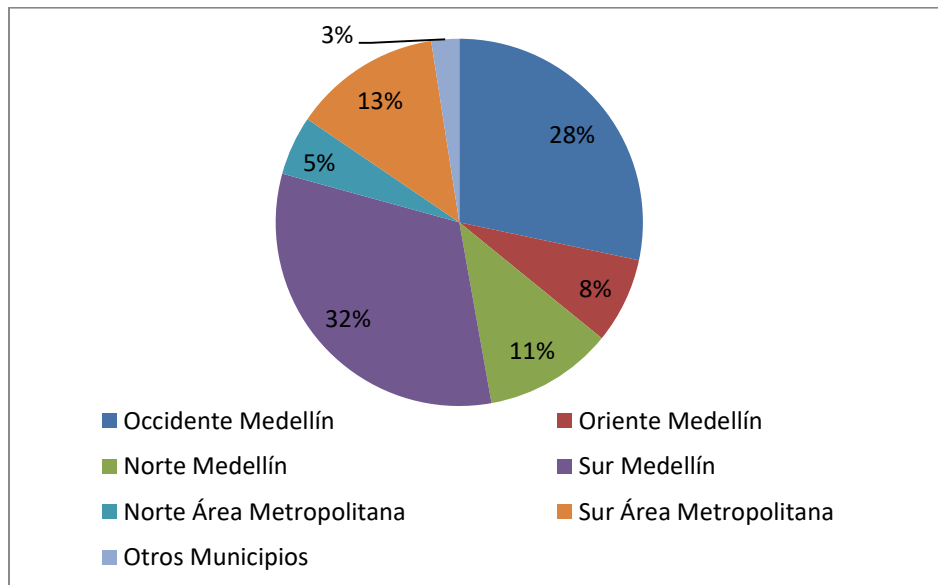
Figura 13. Motivo de viaje al centro de la ciudad en el modo auto



Fuente. Elaboración propia

En la Figura 14 se puede ver que el lugar de origen de los viajes en auto al centro de la ciudad. La mayor cantidad de los viajes se origina en la ciudad de Medellín (80%), con un gran porcentaje proveniente del sur de la ciudad (32%), otro porcentaje importante se encuentra en el occidente (28%).

Figura 14. Lugar de origen de viajes en auto al centro



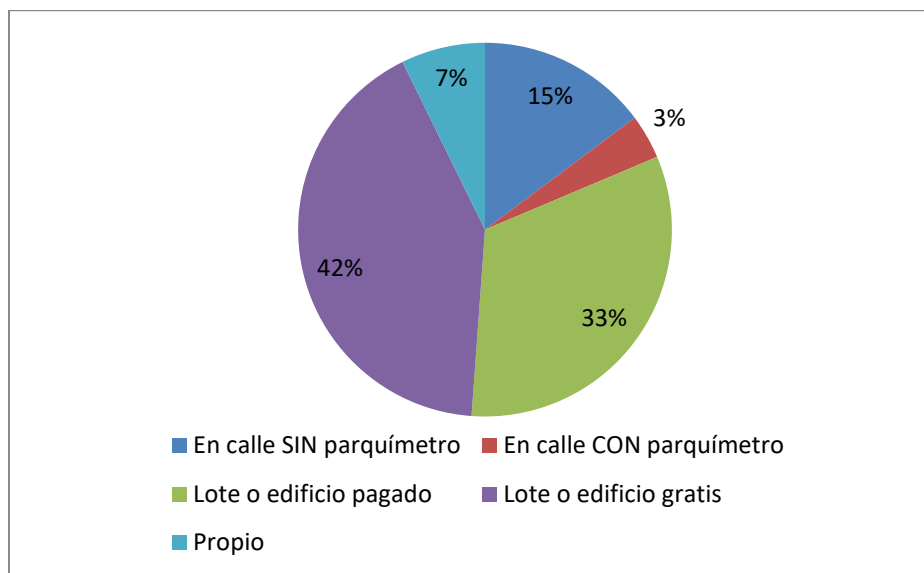
Fuente. Elaboración propia

En el análisis del tipo de parqueadero utilizado al viajar al centro (Figura 15), se encontraron datos llamativos, pues se halló que tan sólo un 37% de los viajeros paga parqueadero, mientras que el 63% estaciona de manera gratuita. Por tal motivo se encuentra que en las condiciones actuales, sólo se podría afectar al 37% de los viajeros, sin embargo, se podrían proponer



regulaciones y realizar campañas para que los parqueaderos que hoy proveen espacios gratuitos, empezaran a cobrar o tuvieran usos diferentes que obligaran a los vehículos que no pagan a utilizar un parqueadero con tarifa.

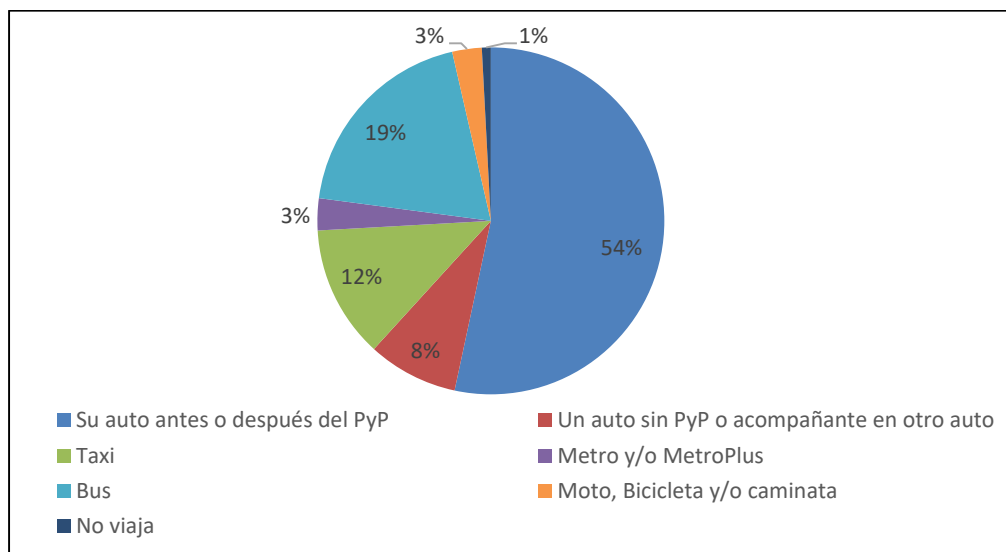
Figura 15. Tipo de parqueadero utilizado por los viajeros al centro en auto



Fuente. Elaboración propia

Un 14% de los encuestados tuvo Pico y Placa el día de los viajes registrados. Adicional a la pregunta de si las personas habían tenido Pico y Placa, a manera de complemento se les cuestionó el modo utilizado los días que tenían pico y placa, y los resultados se muestran en la Figura 16.

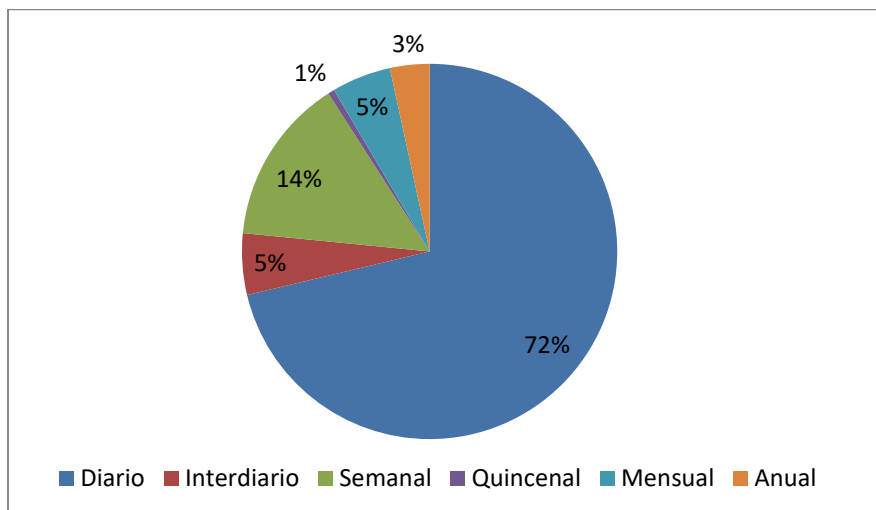
Figura 16. Modo utilizado cuando tiene Pico y Placa



Fuente. Elaboración propia

En general los encuestados realizan viajes al centro diariamente (71%), sin embargo existe un 14% que lo hacen de manera semanal; sólo el 9% de los viajes se realiza con una frecuencia mayor a la semanal, lo que indica que los flujos son muy constantes diariamente en el centro de la ciudad.

Figura 17. Frecuencia de viaje de los encuestados



Fuente. Elaboración propia

Una pregunta importante que se realizó a los encuestados que parquean de manera gratuita, fue si en el caso de que en su parqueadero gratuito empezaran a cobrar una tarifa de mil pesos (\$ 1000) por hora, seguirían parqueando en ese lugar o dejarían de parquear allí. El 26% señaló que no seguiría utilizando ese lugar como sitio de parqueo, mientras que el 74% respondió que seguiría utilizando el lugar sin importar el cobro mencionado.

#### 4.3.2 Políticas contenidas en el Plan de Movilidad AMVA

Para la ciudad de Medellín y en general el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el “Plan maestro de movilidad” (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2009) estableció cuatro políticas de estacionamientos, las cuales se exponen a continuación:

- Transferencia modal: tiene que ver con sistemas de estacionamientos disuasorios, donde exista la posibilidad de construir parqueaderos en zonas cercanas a estaciones de transporte público y terminar los viajes hacia zonas conflictivas usando transporte público.
- Zonas de alta demanda: se trata de establecer un sistema de cobros de parqueaderos en zonas de alta demanda vehicular y el establecimiento de un tiempo máximo de estadía.
- Estacionamientos para residentes: propone construir parqueaderos subterráneos para los edificios que no cuenten con ellos.
- Restricción al uso de estacionamientos: se propone que en horas pico el cobro de los estacionamientos tenga dos componentes, uno que va para el operador del parqueadero y otro componente que va dirigido a la administración municipal.

La segunda y la cuarta medida podrían ir en una sola si la restricción se aplica en una zona de alta demanda. En general, ninguna de las políticas que se han planteado por parte del plan maestro de movilidad han sido investigadas hasta llegar a un nivel de modelación de detalle, por lo que es interesante y aplicable realizar un estudio como éste que pretende modelar el comportamiento de los viajeros ante mayores cobros de los parqueaderos en el centro, de manera que pueda servir como base a una posible solución integral de movilidad para Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

## **4.4 A nivel municipal**

En Medellín se han planteado políticas que tienen que ver con los parqueaderos y la movilidad en general, sin embargo no se han llevado estudios locales que permitan definir cuáles son las mejores políticas para las condiciones locales, por ejemplo la política de zonas de alta demanda plantea limitación de tiempos de estadía, algo que no ayuda en términos de movilidad pues aumenta la rotación de las celdas de los parqueaderos y con ella la demanda vehicular.

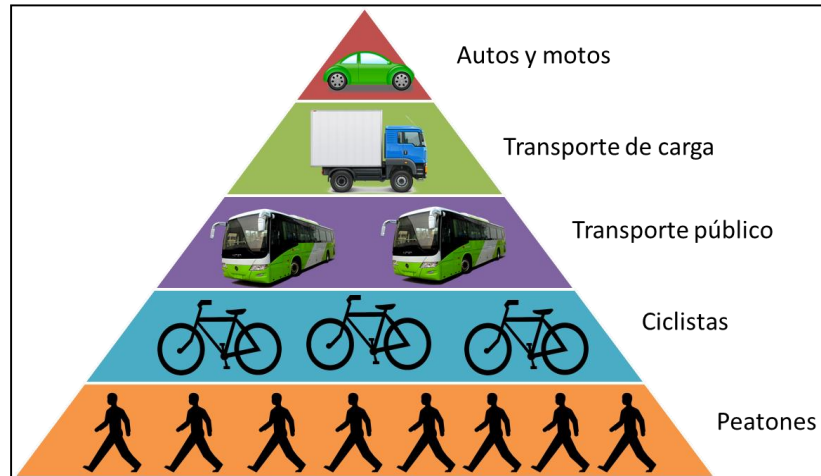
La medida del “Pico y Placa” planteada para la ciudad de Medellín y otras ciudades a nivel nacional, ha cumplido su ciclo, y no aprovecha la disposición de pago de algunos individuos. Adicionalmente, en ciudades como Medellín, factores como el incumplimiento de la normatividad y la falta de una reforma de algunas leyes y decretos que tratan sobre los estacionamientos afectan en gran medida a la movilidad adecuada.

Según la Ley 1383 de 2010 (República, 2010), en su artículo 15: “Está prohibido estacionar vehículos sobre: andenes, zonas verdes o sobre espacio público destinado para peatones, recreación o conservación. Igualmente en vías arterias, autopistas, zonas de seguridad, o dentro de un cruce; en vías principales y colectoras en las cuales expresamente se indique la prohibición o la restricción en relación con horarios o tipos de vehículos...”, sin embargo, esta normatividad ni se cumple, ni es suficiente. El estacionamiento en vía sin pagar por la congestión que se causa no es lo más adecuado, tal como lo han mostrado múltiples autores (Kelly & Kelly, 2006) (Anderson & Palma, 2004).

### **4.4.1 Análisis de políticas incluidas en el nuevo POT**

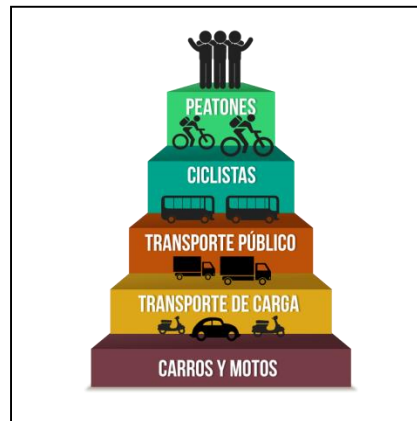
La ciudad de Medellín, mediante el Acuerdo 048 de 2014, reglamentó el nuevo Plan de Ordenamiento municipal, en éste plan, se trata de cambiar el imaginario de ciudad que se venía manejando en el pasado, se tiene como premisa fundamental brindar prioridad a los modos no motorizados, invirtiendo la pirámide que tradicionalmente se ha tenido en la movilidad y que se muestra en la Figura 18, en lugar de esto, se busca un esquema como el de la Figura 19, una ciudad que sea amable con el peatón, sea sostenible y se pueda disponer de una gran cantidad de espacios para el disfrute de la ciudadanía.

Figura 18. Pirámide de movilidad tradicional



Fuente. Elaboración propia

Figura 19. Pirámide de movilidad POT Medellín



Fuente. (Medellín Inteligente, 2015)

Las políticas principales en el tema de parqueaderos que se tratan en el POT de Medellín (Medellín, 2014) son los siguientes:

- El artículo 169, perteneciente al subsistema de movilidad, define a los parqueaderos públicos o privados abiertos al público como “estacionamientos abiertos al público, de propiedad pública, privada o mixta desarrollados fuera de la vía en edificaciones apropiadas para tal fin. Igualmente, pueden ser mecanizados con el fin de optimizar el espacio y generar más cupos de parqueo en un mismo lugar” (Medellín, 2014). En cuanto a la integración tarifaria de los parqueaderos al transporte público, el mismo artículo dicta: “Los parqueaderos que estén en un radio de quinientos metros (500,00 m.) cerca de las estaciones del transporte colectivo y masivo y en los puntos de acceso a la ciudad, así como en los límites de zonas de cobro por congestión, deberán estar integrados tarifaria y operativamente al sistema integrado de transporte” (Medellín, 2014).

- En lo que se refiere a parqueaderos en la vía pública, se definen como “sitios debidamente demarcados y señalados en vías públicas donde el estacionamiento se encuentra permitido y está regulado mediante el pago de una tasa (Zonas de estacionamiento Regulado), cuyo tiempo de permanencia es controlado por un expendedor de tiquetes o parquímetro.”
- El artículo 198, en su primera parte dicta los criterios de manejo para parqueaderos, diciendo lo siguiente:

*“1. **Criterios de manejo para parqueaderos:** La Administración Municipal, a través del Plan Maestro de parqueaderos que hace parte del Plan Integral de Movilidad Sostenible, precisará las directrices del presente Acuerdo y analizará los incentivos a la construcción de estas infraestructuras, que podrán ser mecanizadas de mayor capacidad. Estas deberán ubicarse prioritariamente en un radio de doscientos cincuenta metros (250,00 m.) de las estaciones de transporte público colectivo o masivo, para incentivar la intermodalidad en el transporte de pasajeros, exceptuando las que se encuentren al interior de la Centralidad Metropolitana, en la cual el Plan racionalizará el ingreso de vehículos privados.*

**a) Criterios de manejo para parqueaderos en altura con ascensores para vehículos y parqueaderos mecanizados:**

- *Sin perjuicio de lo establecido en el presente Acuerdo y en sus decretos reglamentarios, los parqueaderos en altura y que no cuenten con ascensores para vehículos, no podrán tener una altura superior a ocho pisos por el desarrollo de rampas. Cuando cuenten con ascensores para vehículos o el parqueadero sea mecanizado, la altura dependerá del aprovechamiento asignado al respectivo polígono de tratamiento.*
- *Sin excepción y a partir de la promulgación del presente Acuerdo, todos los nuevos desarrollos de parqueaderos que incluyan ascensores para vehículos o sean mecanizados, deberán presentar un estudio de movilidad que analice los impactos en la movilidad y establezca las medias de mitigación. Sin perjuicio de lo anterior, la Administración Municipal podrá exigir análisis y obras adicionales para la mitigación de los impactos en la movilidad generados con ocasión del proyecto.”*
- Adicionalmente como parte del sistema de integración intermodal, el artículo 199 dicta que “Mediante alianzas público privadas u otro tipo de contratos, se creará un sistema de integración intermodal de la red de parqueaderos públicos y privados con el objeto de utilizar la infraestructura en proximidad con las estaciones de transporte público colectivo o masivo de pasajeros.”

- El artículo 200 dicta criterios para el manejo de las Zonas de Estacionamiento Regulado, como se cita a continuación:  
*“La Administración Municipal implementará las zonas de estacionamiento regulado en los siguientes corredores:*
  - 1. Todas las zonas clasificadas como centralidades.*
  - 2. Las zonas actualmente decretadas por la Secretaría de Movilidad.*
  - 3. Demás zonas y corredores que considere la Administración Municipal, a fin de regular el uso del espacio público.*

**Parágrafo 1.** *Serán zonas de estacionamiento prohibido todas las vías clasificadas como arterias y de carácter nacional o regional, en aplicación de lo establecido por la normativa nacional vigente.*

**Parágrafo 2.** *En un término de 18 meses a partir de la promulgación del presente Acuerdo, los establecimientos educativos actuales que cuenten con una población igual o superior a quinientas (500) personas, resultado de la suma entre estudiantes, docentes, y personal administrativo, deberán presentar a la Administración Municipal, los planes y proyectos que mitiguen los impactos de movilidad por el parqueo en zona pública y el cronograma de ejecución de dichos planes, que incluyan propuestas de ingreso y salida de estudiantes, personal en horarios diferentes, programas de uso racional del vehículo particular e incentivos al uso del transporte público y modos no motorizados.”*
- Como otra medida prohibitiva de la ubicación de los parqueaderos, el inciso e) del artículo 207, en la parte de los corredores de transporte masivo, indica que “Cuando las actividades requieren para su correcto funcionamiento de áreas de parqueo, estas actividades no podrán localizarse sobre estos corredores. Deberán generarse de manera regulada por tiempo o tarifa, en las vías de servicio cercanas o en parqueaderos fuera de la vía pública.”
- Los parqueaderos se clasifican como servicios, que son “las actividades de apoyo a la producción y al intercambio de bienes que satisfacen necesidades cotidianas y/o básicas de la población”, dentro de la clasificación de servicios, toman la categoría de servicios personales.
- El artículo 282 trata de los índices de ocupación, en él, se indican los índices que se aplican a zonas de parqueaderos en propiedades privadas.
- Una política totalmente innovadora en la ciudad, se encuentra en los artículos 364 y 365, en ellos se establece el número máximo de celdas de parqueadero que se pueden construir por cada tipo de uso. Es innovadora en el sentido de que tradicionalmente se ha establecido un número mínimo de celdas de estacionamiento, lo que causa un sobrecosto general a

constructores y a consumidores. Con esta política la ciudad hace una apuesta importante para desincentivar el uso del vehículo particular.

Como se puede ver, que la ciudad ha implementado diferentes políticas y criterios de manejo para los parqueaderos con la entrada en vigencia del nuevo Plan de Ordenamiento Territorial, todas estas a desincentivar el uso del vehículo particular. En dichas políticas se señala de manera clave el Plan de Parqueaderos, para el cual, esta investigación sería de gran importancia como insumo básico, pues no existen estudios que involucren el número de variables que aquí se tratan y que caracterice y analicen dichos establecimientos en la zona central de la ciudad con la profundidad que se trata en este documento.

#### **4.4.2 Análisis de los parqueaderos en el centro de la ciudad**

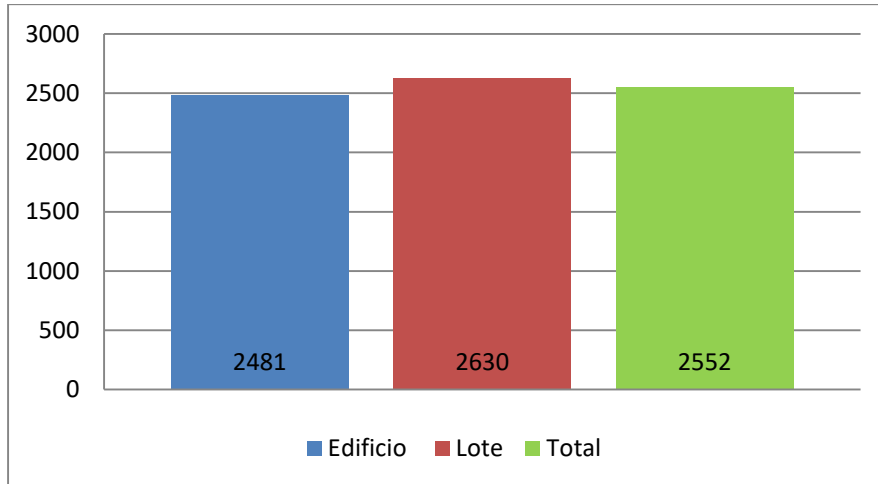
Como se mencionó anteriormente, la Universidad Nacional de Colombia llevó a cabo un estudio en el tema de parqueaderos, en el cual se realizaron algunos modelos básicos que sólo incluían variables de Tiempo y Costo de viaje. Como parte de este estudio, se realizó un levantamiento de todos los parqueaderos que existen actualmente para autos en la zona de esta investigación, señalada anteriormente como parte del alcance. Teniendo en cuenta el levantamiento realizado en el mencionado estudio, se realiza el siguiente análisis.

En total se encontraron 176 parqueaderos de los cuales se pudieron obtener datos, de los cuales 17 son privados, según el estudio, existen muchos más parqueaderos privados en el centro, sin embargo no se pudo obtener información de ellos pues no proporcionaron sus datos al personal de campo que realizó el levantamiento. De los 176 parqueaderos mencionados, 108 son de tipo edificio y 68 de tipo lote.

En estos 176 parqueaderos, se encontraron 7616 celdas para auto y 10338 para motos, éstas últimas no son relevantes en esta investigación pero lo pueden ser para futuros estudios de esta tipología de vehículos. En cuanto a la división del número de celdas entre los parqueaderos tipo edificio y los parqueaderos tipo lote, los datos tomados mostraron que existen 4921 celdas en edificios y 2695 en parqueaderos tipo lote.

En lo que se refiere a la tarifa de los estacionamientos en la zona de estudio, el estudio realizó el cálculo de una tarifa promedio para la hora, el día y el mes, y arrojó los resultados que se observan en la Figura 20, Figura 21 y Figura 22, la ponderación se realizó por el número de celdas de cada parqueadero. Todos los valores mostrados fueron tomados y calculados para el año 2014.

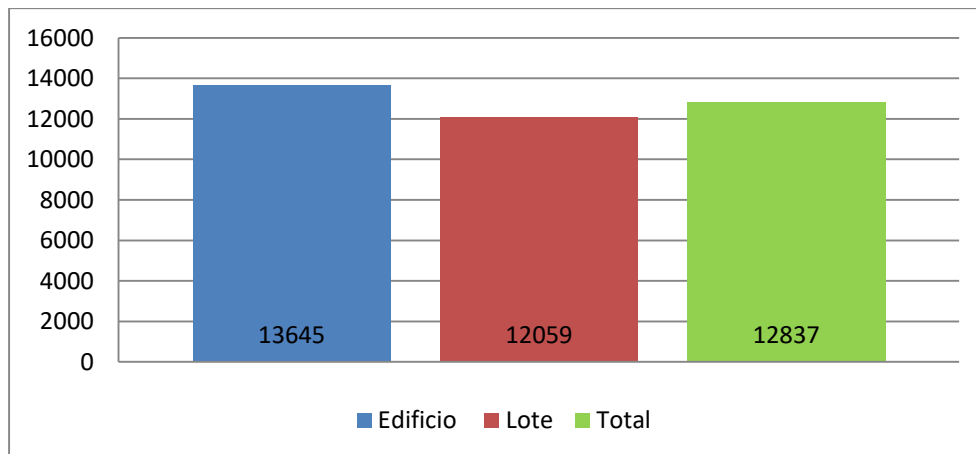
Figura 20. Tarifa promedio horaria ponderada



Fuente. Elaboración propia

La tarifa horaria ponderada muestra que el valor promedio de la tarifa es mayor para los parqueaderos tipo lote que los parqueaderos tipo edificio, esto tal vez se da por las economías de escala que pueden generar los parqueaderos en edificio, en comparación de los parqueaderos tipo lote, lo que permite que los precios sean menores, en general la tarifa promedio de parqueadero por hora es de dos mil quinientos cincuenta y dos pesos (\$ 2552).

Figura 21. Tarifa promedio diaria ponderada



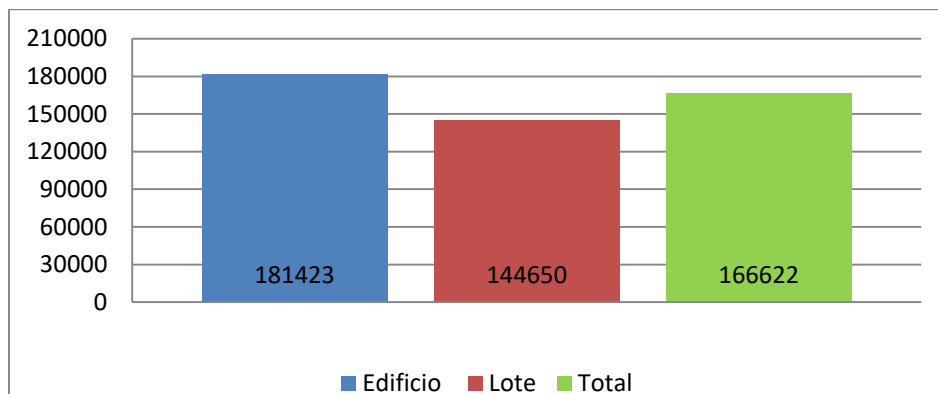
Fuente. Elaboración propia

En el caso de la tarifa diaria cambia el mayor valor, siendo más costoso parquear en un establecimiento tipo edificio que en un tipo lote, esto se puede deber a la seguridad que puede brindar un edificio en comparación con un lote en la percepción de las personas, igualmente a que en un edificio, el auto está protegido ante las inclemencias del clima lo que puede considerarse como un factor importante. En promedio la tarifa de parqueadero diaria cuesta doce mil ochocientos treinta y siete pesos (\$ 12837).



Realizando una comparación entre la tarifa horaria y la tarifa diaria para cada uno de los tipos de parqueadero, se observa que para los edificios la tarifa diaria es aproximadamente 5.50 veces la tarifa horaria, para los lotes esta relación es de 4.59 veces, mientras que en general para todo tipo de parqueadero es de 5.03.

Figura 22. Tarifa promedio mensual ponderada



Fuente. Elaboración propia

En el caso del parqueadero mensual se continúa con la tendencia de la tarifa diaria, siendo más costoso el estacionamiento en parqueaderos tipo edificio que en tipo lote, explícitamente el parqueadero en edificio posee una tarifa mensual 25% mayor que la de un lote, aproximadamente. La tarifa promedio mensual en general es de ciento sesenta y seis mil seiscientos veintidós pesos (\$ 166622).

Realizando un ejercicio similar al realizado anteriormente entre la tarifa diaria y la horaria, pero en esta ocasión entre la tarifa mensual y la diaria para cada tipo de parqueadero, se puede calcular fácilmente que para los parqueaderos tipo edificio la tarifa mensual es aproximadamente 13.30 veces la tarifa diaria, para los lotes es 12.00 veces y en general es 12.98.

Para analizar la situación de la ocupación actual de los parqueaderos en el centro de la ciudad, se debe hallar el factor de rotación de las celdas. Se debe tener en cuenta que de los 35006 viajes que se realizan en auto al centro diariamente, sólo el 33% parquea en edificios o lotes en los que paga, por lo que sólo se deben tener en cuenta 11552 viajes. Con esta claridad, se puede hallar el factor de rotación simplemente dividiendo el número de viajes sobre el número de celdas, lo que arroja un valor de 1.5, y representa el número de veces que se ocupa una celda al día. Para próximas investigaciones se recomienda hallar la duración promedio de la estadía de cada viaje, de esta manera se puede encontrar si existe algún tipo de déficit de capacidad o si se está acercando a esta, y tomar medidas preventivas en el marco de la planeación del transporte.

## 5. DESARROLLO DE LA ENCUESTA

Como ya se mencionó anteriormente, para realizar los modelos de elección discreta se requiere la elaboración y aplicación de una encuesta, ya sea utilizando el método de preferencias declaradas, el de preferencias reveladas o el de preferencias automáticas. Para el desarrollo y aplicación de la encuesta se requiere un proceso que se describe en este capítulo, siendo lo más explicativo posible.

### 5.1 Grupo focal

Como primera medida se debe realizar un grupo focal, el cual se define como “una discusión cuidadosamente diseñada para obtener las percepciones sobre una particular área de interés”. (Guía para grupos focales, 2013). El grupo focal pretende hallar las variables más importantes que tienen en cuenta los individuos a la hora de tomar una decisión sobre cualquier tema. El diseñador de la encuesta puede estar presente en el desarrollo del grupo focal para realizar los análisis respectivos y descubrir lo que los individuos piensan.

Se debe tener cuidado en la cantidad de personas elegidas y el perfil de los elegidos para propiciar ambientes de discusión, por lo tanto la cantidad debe ser suficiente para que se encuentre un ambiente heterogéneo y de discusión, pero no de muchas personas para hacer posible que todos opinen y se expresen a cabalidad. Por lo tanto, los números apropiados son de 6 a 12 personas (Krueger, 1991).

Para el caso de esta investigación, se tuvo un grupo de 6 personas, de las cuales todas debían cumplir el requisito de ir al centro de Medellín en auto con una determinada regularidad, sin embargo, todos los perfiles de las personas fueron diferentes, como se mostrará más adelante.

#### 5.1.1 Preparación del grupo focal

El grupo focal se planeó teniendo en cuenta la distribución sociodemográfica de la encuesta origen destino, en cuya información se encontraban los diferentes perfiles de personas que viajaban hacia el centro de la ciudad en el modo “Auto conductor”. De esta manera se logró obtener un grupo de 6 personas con la distribución que se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Caracterización de perfiles grupo focal

Nombre	Sexo	Ocupación
Diego León Holguín	Hombre	Personero Municipio de Medellín y docente UdeM
César Chavarría	Hombre	Ingeniero Civil y Docente Unal
Carlos Quiroz	Hombre	Director administrativo de Codiempack

Nombre	Sexo	Ocupación
Daniel Ramírez	Hombre	Ingeniero de transporte Metroplús
Pablo Guerra	Hombre	Comerciante
Luz Marina Duque	Mujer	Transportista escolar

Fuente. (Universidad Nacional de Colombia, 2014)

El grupo focal fue llevado a cabo el día 27 de agosto de 2014 en las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Se tuvo una persona para moderar la reunión con experiencia en el tema, por lo que se cumplió con los requisitos fundamentales en la parte técnica de los grupos focales.

Al grupo focal asistieron los participantes mencionados en la Tabla 2, además de la moderadora y adicionalmente asistieron los ingenieros implicados en la investigación, para poder analizar las variables y el comportamiento de los participantes.

El grupo focal fue grabado y transcrito, y se anexa a esta investigación en el ANEXO 1.

Los objetivos planteados en el grupo fueron los siguientes:

- Conocer la opinión de los usuarios de automóvil acerca de los parqueaderos del Centro de Medellín.
- Identificar las principales variables que inciden en la elección del modo auto relacionadas con los parqueaderos.

### 5.1.2 Análisis del grupo focal

Las preguntas realizadas en el grupo y alrededor de las cuales giró la discusión, fueron las siguientes:

1. ¿Por qué motivo viaja en auto al centro y no en otro modo? ¿Con qué frecuencia lo hace? ¿Viaja solo o acompañado? ¿Cuánto se demora normalmente viajando y buscando parqueadero?
2. ¿Qué piensa de los parqueaderos en el centro de la ciudad? (cantidad, calidad, precio, facilidad de acceso, comodidad, seguridad).
3. ¿De qué manera afecta su decisión de ir al centro el costo del parqueadero? ¿Dónde parquea? y si paga, ¿cómo es la forma de pago? (mensual, diario, hora)
4. ¿Consideraría otro modo de ir al centro diferente al auto? ¿Cuál? ¿Por qué?
5. En el caso de que se establecieran parqueaderos en zonas periféricas a las estaciones de metro, con posibilidad de acceso a transporte público. ¿Bajo qué condiciones estaría dispuesto a utilizarlos? (costo, tipo de infraestructura, distancia hasta transporte público, bicicleta pública).

6. Si pudiera parquear cerca de una estación de metro, y a un precio que sumado la tarifa del metro o Metroplús ida y vuelta fueran 6000 pesos (y suponga que usted pagara 10-12 mil pesos un parqueadero en el centro), ¿lo dejaría en una estación y entraría al centro en metro o en Metroplús? ¿por qué? (piense que si va acompañado son dos pagos en el metro ida y vuelta, influye si lleva paquetes, si va con niños).
7. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el parqueo de su auto por hora (y por el día)? ¿a qué distancia estaría dispuesto a dejar su vehículo de su lugar de trabajo en el centro? ¿Si hubiese un cobro por encima de ese valor, dejaría el auto en un parqueadero periférico a una estación de metro y continuaría su viaje en transporte público?

Cada una de las preguntas formuladas se le hacía a cada uno de los participantes, pudiendo darse la discusión sobre el tema con otros participantes que no estuviesen de acuerdo o que quisieran complementar lo dicho por alguien.

Luego de realizar un análisis de las respuestas dadas por los participantes a cada una de las preguntas, un resumen de lo discutido en cada una de ellas es el siguiente:

1. ¿Por qué motivo viaja en auto al centro y no en otro modo? ¿Con qué frecuencia lo hace? ¿Viaja solo o acompañado? ¿Cuánto se demora normalmente viajando y buscando parqueadero?

El mayor motivo para viajar al centro es el trabajo y el mayor motivo para utilizar el auto es la comodidad que este modo les ofrece, además de que pueden transportarse de manera rápida y pueden realizar varios viajes al día, un participante manifestó que uno de los motivos principales es poder ir a almorzar a su hogar, además de manifestar que con lo que pagaría el almuerzo en algún restaurante, paga el parqueadero del día y tiene la posibilidad de ir a su hogar.

En general se manifestó que depende la hora en la que se vaya al centro se encuentra parqueadero con facilidad, se dijo que al medio día es muy complejo encontrar parqueadero, teniendo que buscar en algunos lugares antes de encontrar un sitio con celdas disponibles, esto es para las personas que no viajan diariamente al centro sino que lo hacen unas veces a la semana o al mes, pues los que viajan a diario en su gran mayoría pagan una mensualidad lo que les permite tener una celda segura en todo momento, por lo que no es importante para ellos el tiempo de búsqueda de parqueadero.

2. ¿Qué piensa de los parqueaderos en el centro de la ciudad? (cantidad, calidad, precio, facilidad de acceso, comodidad, seguridad).

Se tiene un buen concepto de la infraestructura de parqueaderos en el centro, en general se opinó que la cantidad es suficiente y la comodidad es adecuada, además marca la diferencia que los establecimientos cuenten con personal de seguridad para vigilar los vehículos mientras sus propietarios están realizando sus actividades.

Los participantes en general piensan que los parqueaderos son costosos, lo que es una paradoja, pues actualmente igual los pagan, lo que hace cuestionarse hasta qué valor estarían dispuestos

a pagar, es decir, a los ojos de la economía, es interesante plantearse en qué punto en realidad el costo del parqueadero afectaría la decisión de ir al centro en auto.

3. ¿De qué manera afecta su decisión de ir al centro el costo del parqueadero? ¿Dónde parquea? y si paga, ¿cómo es la forma de pago? (mensual, diario, hora)

Los asistentes plantearon que no es muy importante (siempre y cuando se mantenga en ese valor), esto hace pensar que en realidad es importante pero en la actualidad los precios son bajos y permiten que la gente vaya al centro de la ciudad en automóvil, adicionalmente los participantes mencionan que los precios de las mensualidades son más bajos lo que facilita el pago, y los que no van con frecuencia diaria, manifiestan que con los precios actuales, no tienen problema en pagar unas pocas horas o un día.

4. ¿Consideraría otro modo de ir al centro diferente al auto? ¿Cuál? ¿Por qué? (Especialmente si no lo considera, que diga por qué, por ejemplo la comodidad, o la seguridad, costos, tiempos viajando y buscando parqueo).

Para los participantes marca una gran importancia la comodidad, por lo que manifiestan que la única manera de cambiarse al modo Bus sería que dicho modo tuviera más comodidad y que no estuviera muy lleno.

En el caso del modo Metro, la principal dificultad que ven los participantes es que para los viajes en hora pico el sistema se satura demasiado y no es cómodo ni seguro según su punto de vista.

Por último, algunos manifiestan la imposibilidad de cambiarse a otro modo dado que realizan varios viajes al día y les resulta más rápido y económico desplazarse en auto.

5. En el caso de que se establecieran parqueaderos en zonas periféricas a las estaciones de metro, con posibilidad de acceso a transporte público. ¿Bajo qué condiciones estaría dispuesto a utilizarlos? (costo, tipo de infraestructura, distancia hasta transporte público, bicicleta pública).

En general los participantes se mostraron muy negativos con esta alternativa, pues no les interesa realizar un transbordo ni utilizar el transporte público como lo habían expresado en la pregunta anterior, por este motivo además de los análisis realizados de la Encuesta Origen-Destino del Valle de Aburrá sobre el tema, se descartó investigar la política de Park and Ride para este trabajo.

6. Si pudiera parquear cerca de una estación de metro, y a un precio que sumado la tarifa del metro o Metroplús ida y vuelta fueran 6000 pesos (y suponga que usted pagara 10-12 mil pesos un parqueadero en el centro), ¿lo dejaría en una estación y entraría al centro en metro o en Metroplús? ¿por qué? (piense que si va acompañado son dos pagos en el metro ida y vuelta, influye si lleva paquetes, si va con niños).

Los participantes responden lo mismo que respondieron en la pregunta anterior, lo que descarta totalmente la posibilidad de investigar el Park and Ride.

7. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el parqueo de su auto por hora (y por el día)? ¿a qué distancia estaría dispuesto a dejar su vehículo de su lugar de trabajo en el centro? ¿Si hubiese un cobro por encima de ese valor, dejaría el auto en un parqueadero periférico a una estación de metro y continuaría su viaje en transporte público?

Se trató el tema tanto desde la tarifa diaria como horaria, en la parte de tarifa horaria los participantes manifestaron que pagarían máximo cuatro mil (\$ 4.000) o cinco mil (\$ 5.000) pesos. En cuanto a la tarifa diaria manifestaron que tendrían un tope de catorce mil (\$ 14.000) o quince mil (\$ 15.000) pesos, lo cual es muy similar a lo que se tiene en la actualidad. Se manifestó por parte de algunos participantes que más allá de las tarifas que se han mencionado, utilizarían el transporte público, sin embargo en ningún momento utilizarían un sistema de parqueaderos periférico al centro o a las estaciones de transporte masivo.

El tema de la distancia de los parqueaderos al destino se dijo que la distancia máxima que se caminaría serían tres cuadras y dependería del lugar en el centro por temas de seguridad.

### **5.1.3 Variables explicativas seleccionadas**

Luego de llevar a cabo el grupo focal y de realizar el análisis respectivo, como es evidente, las variables explicativas más importantes consideradas por los participantes en lo que a variables explicativas y observables se refieren son el Costo y el Tiempo de Viaje.

Es importante aclarar que como variable explicativa se definen las variables independientes del modelo, que se introducen con el fin de obtener los resultados y las predicciones adecuadas.

### **5.1.4 Niveles de variación de las variables seleccionadas**

Para el desarrollo de la encuesta de Preferencias Declaradas, se deben elegir los niveles de variación para las variables seleccionadas, con el fin de realizar el diseño del experimento.

En este caso, se consideró que tanto para la variable Costo, como para la variable Tiempo de Viaje, tres niveles de variación serían adecuados y se podrían hallar resultados correctos con esta decisión.

Luego de tener en cuenta los niveles de variación y el número de variables elegido, se debe hallar el número de escenarios a presentar en la encuesta. Según las tablas de diseño de encuestas de Kocur (Kocur, Adler, Hyman, & Aunet, 1982), que se muestran en la Tabla 3, el número de casos en total es de nueve.

Nivel de variación Bajo: 0    Nivel de variación Medio: 1    Nivel de variación Alto: 2

Tabla 3. Diseño experimento código 15 de Kocur

1 Tiempo de Viaje [TV]	2 Costo [C]
0	0
0	1
0	2
1	0
1	1
1	2
2	0
2	1
2	2

Fuente. (Kocur, Adler, Hyman, & Aunet, 1982)

Para elegir la combinación de los niveles de variación y formular los escenarios se utilizó la metodología establecida por Kocur (Kocur, Adler, Hyman, & Aunet, 1982), por medio de dicha metodología, es posible establecer escenarios teniendo en cuenta el número de modos evaluado, que para este caso serán 4, a saber, Auto, Bus, Metro/Metroplús, Taxi. El diseño de los escenarios se encuentra en la Tabla 4:

Tabla 4. Diseño final del experimento

		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
Bus	TV	0	0	0	1	1	1	2	2	2
	C	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Auto	TV	1	0	2	2	2	1	0	0	1
	C	1	2	2	1	0	0	1	0	2
Metro - Metroplús	TV	0	2	0	1	2	1	2	0	1
	C	1	0	0	2	2	0	1	2	1
Taxi	TV	2	1	0	0	1	2	0	2	1
	C	1	2	0	2	1	0	1	2	0

Fuente. (Kocur, Adler, Hyman, & Aunet, 1982)

El siguiente paso es definir los valores para cada nivel de las variables, en cada uno de los modos, para esto se evaluaron los costos aproximados del transporte público, dándole unas pequeñas variaciones, en el transporte masivo se consideraron los diferentes tipos de tiquetes existentes, en el taxi se realizó una pregunta en la encuesta del valor aproximado del taxi desde su hogar hasta el destino, valor al cual se le adicionó y se le sustrajo un veinte por ciento (20%), para tener los tres valores. En el Costo del modo Auto, sólo se colocó el valor horario del parqueadero, multiplicado por el número de horas que permanece, teniendo en cuenta que si el valor superaba las 5 horas, se establecía el valor de 5 horas como el valor máximo para el día; los precios horarios tenidos en cuenta fueron de tres mil (\$ 3.000), cuatro mil (\$ 4.000) y de seis mil (\$ 6.000) pesos.

### 5.1.5 Variables latentes seleccionadas

En cuanto a las variables latentes seleccionadas, del grupo focal se pudo inferir que las más importantes para los participantes fueron la comodidad y la seguridad. Por consiguiente se procedió a establecer una serie de preguntas para conformar los indicadores de las variables latentes, las cuales se pueden observar a continuación:

- Seguridad
  - ❖ Posibilidad o sensación de ocurrencia de un accidente de tránsito en el transcurso del su viaje
  - ❖ Posibilidad o sensación de ocurrencia de un robo o atraco durante el trayecto de viaje
  - ❖ Posibilidad o sensación de ocurrencia de un robo o atraco en el trayecto entre el parqueadero y su destino final
  
- Comodidad:
  - ❖ Comodidad en cuanto a calidad de los asientos, espacios adecuados y disfrute general durante todo el viaje para llegar al destino
  - ❖ Facilidad de acceso en el origen del viaje (casa) y facilidad para llegar al destino final donde termina su viaje (parqueadero o paradero)
  - ❖ Posibilidad de viajar con paquetes de forma cómoda

Los mencionados indicadores son evaluados en escala Likert, con números del 1 al 7, los cuales valoran la importancia de cada atributo de la siguiente manera:

- 1=Extremadamente sin importancia
- 2= Sin importancia
- 3=Medianamente sin importancia
- 4=Indiferente
- 5=Medianamente importante
- 6=importante
- 7=Extremadamente importante



Adicionalmente se plantean los siguientes indicadores sobre la importancia de otros factores:

- La distancia del parqueadero a mi lugar de destino esté entre 0-3 cuadras
- El tiempo que tardo en parquear sea menor a 5 minutos
- El precio que pago es menor a 3000/hora
- El parqueadero sea cubierto
- El tamaño de las celdas de parqueo permite abrir las puertas sin tocar otro vehículo

## 5.2 Diseño de la encuesta

La encuesta tiene tanto una parte de preferencias reveladas (PR) como de preferencias declaradas (PD), conceptos que han sido explicados en el Capítulo 3. La encuesta fue aplicada a personas tanto de Medellín, como de los municipios del Sur de Área Metropolitana. A continuación se describe cada uno de los componentes de la encuesta.

### 5.2.1 Preferencias reveladas

La parte de la encuesta relacionada con las preferencias reveladas, establece una caracterización del encuestado y de sus hábitos de viaje, para lo que se necesita que la persona responda con precisión, por eso se utiliza éste método.

Como primera medida se realiza una caracterización socioeconómica del encuestado, cuyas alternativas de respuesta se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Caracterización socioeconómica encuesta de Preferencias Reveladas (PR)

Sexo	Edad	Ocupación	Nivel Educativo*	Modos disponibles	Nivel de ingreso
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Hombre</li> <li>•Mujer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Menor de 20 años</li> <li>•Entre 20 y 24 años</li> <li>•Entre 25 y 29 años</li> <li>•Entre 30 y 39 años</li> <li>•Entre 40 y 49 años</li> <li>•Entre 50 y 59 años</li> <li>•60 años o mayores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Trabaja</li> <li>•Estudia</li> <li>•Trabaja y Estudia</li> <li>•Ama de casa</li> <li>•Desempleado</li> <li>•Otro, ¿Cuál?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ninguno</li> <li>•Primaria</li> <li>•Bachillerato</li> <li>•Técnico / Tecnológico</li> <li>•Pregrado</li> <li>•Posgrado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Auto</li> <li>•Bicicleta</li> <li>•Moto</li> <li>•Bus</li> <li>•Taxi</li> <li>•Metro / Metroplús</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•&lt; \$650.000</li> <li>•\$650.001 - \$1'300.00</li> <li>•\$1'300.001 - \$2'500.000</li> <li>•\$2'500.001 - \$5'000.000</li> <li>•&gt; \$5'000.000</li> </ul>

Fuente. (Universidad Nacional de Colombia, 2014)

Para no obtener informaciones erradas en cuanto al nivel de escolaridad, se aclaró a los encuestadores que la respuesta debería ser el nivel de escolaridad que está cursando en la actualidad o el último terminado en el caso de no encontrarse estudiando al momento de la encuesta.

Posterior a la caracterización socioeconómica de los encuestados, se realiza una caracterización del viaje realizado, la cual consta de las siguientes preguntas:

- Barrio de residencia: Se pregunta por el barrio o el cruce de calle y carrera más cercano a su hogar.
- Destino de viaje: Se refiere al destino del viaje principal que realiza en el día, y se asume que este viaje se origina desde el barrio de residencia.
- Dirección o nombre del parqueadero.
- Motivo de viaje: Se debe seleccionar una de las siguientes alternativas, “Trabajo”, “Estudio” u “Otro”.
- Frecuencia del viaje: El encuestado debe responder la periodicidad con la cual realiza el viaje principal por el que se le está preguntando, las alternativas son “Diario (5 o más veces por semana)”, “Entre 3 o 4 veces por semana”, “Semanal (1 o 2 veces por semana)”, “Quincenal” u “Ocasional”.
- Tipo de parqueadero: Se pregunta por el tipo de parqueadero, si es lote, edificio, celda pintada en la calle, centro comercial, otros.
- Costo del parqueadero: Aquí se debe especificar el valor que paga y si este valor corresponde a un costo por hora, por día, semanal, quincenal o mensual.
- Número de horas de parqueo al día.
- Número de veces que parquea al día en promedio en el centro de Medellín.
- Se pregunta acerca de si va a almorzar a casa diariamente en caso de que pague parqueadero al día o al mes.
- Además, si responde afirmativamente que va a almorzar a la casa diariamente, se le pregunta si esta decisión es importante a la hora de realizar el pago diario o mensual.
- Se le pregunta al individuo si hace más viajes desde el parqueadero del centro de Medellín a lo largo del día antes de volver a casa, y en caso de que la respuesta sea afirmativa, se indaga sobre cuántos viajes hace y si en estos otros sitios también debe pagar parqueadero.
- Costo de taxi desde su origen: se le pregunta al individuo por el costo aproximado de una carrera en taxi desde su hogar hasta el destino en el centro.
- Hora de salida de casa en el primer viaje al centro de Medellín.
- Tiempo en auto al centro de Medellín incluyendo parqueo.
- Hora a la que llega a su destino final.
- Distancia desde el parqueadero al destino final.
- Distancia desde una estación de metro/Metroplús al destino final.

Posteriormente se plantean los indicadores descritos anteriormente, para determinar el peso de algunas variables como la cercanía al parqueadero (relacionada con la comodidad y

seguridad) o la infraestructura del parqueadero, que permiten comprender la elección del modo auto.

### 5.3 Preferencias declaradas

Como última parte de la encuesta, se le presentan a cada encuestado, nueve casos, en los cuales varían el precio y el costo de viaje de diferentes modos tenidos en cuenta, como se explicó en el capítulo 2.

Los modos tenidos en cuenta son los siguientes:

- Bus.
- Auto.
- Metro - Metroplús.
- Taxi.

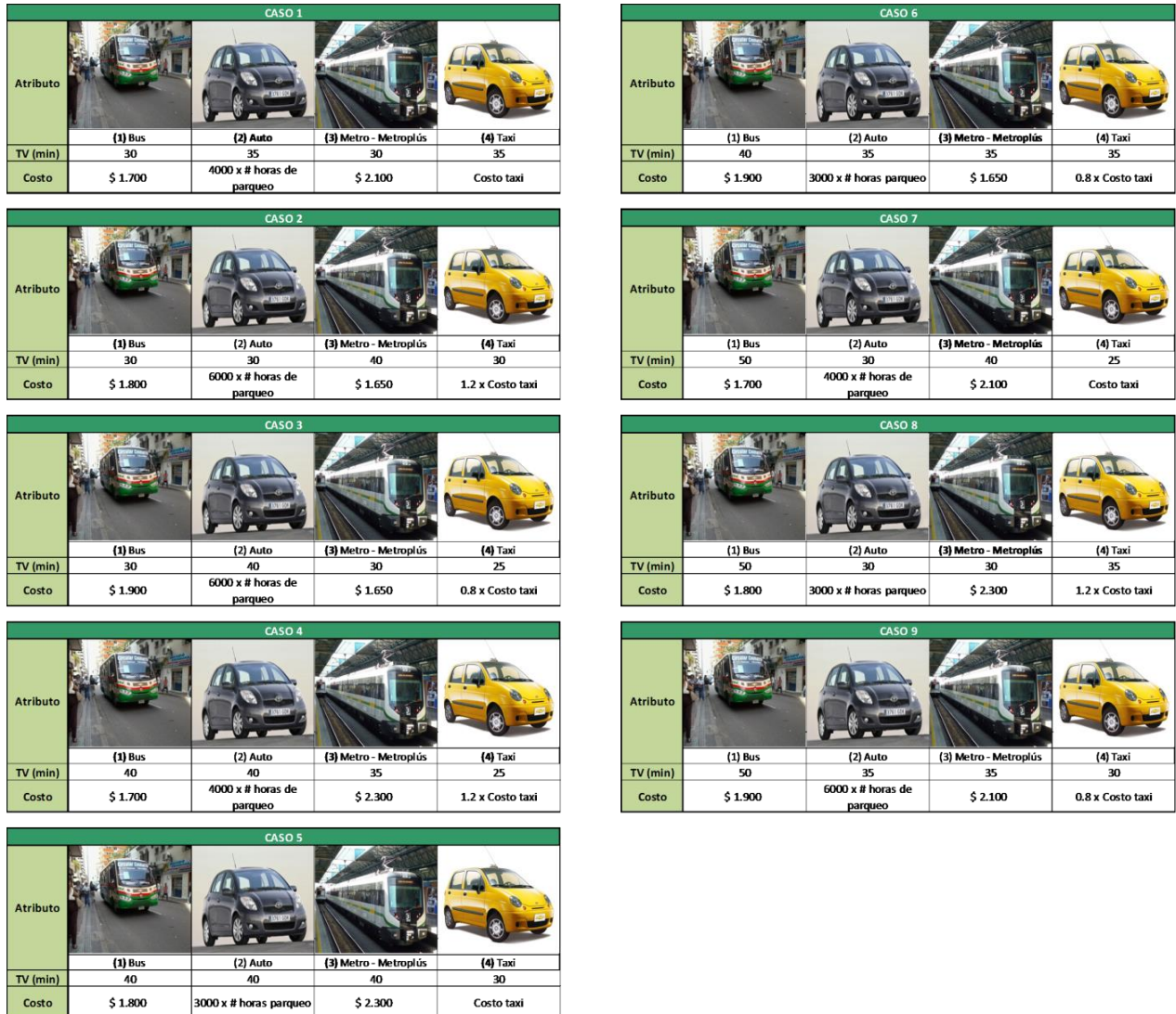
Los nueve casos de la encuesta se muestran a continuación, es importante tener en cuenta, que a pesar que el costo del taxi se calculó mediante una expresión, a los encuestados se les mostraba específicamente los valores que se definían con las variaciones al precio que reportaban al valor del taxi.

Dentro de cada ficha se encuentra.

- Caso: corresponde al número de combinación obtenida por la metodología de Kocur. Nueve casos.
- Atributo: corresponde a los atributos evaluados, tiempo de viaje y costo, explicados con anterioridad y determinados con la ayuda del ejercicio de grupos focales.
- Contenido: corresponde a los niveles de cada uno de los atributos, identificados según cada caso.
- Fotografía: es la representación gráfica del modo de transporte.
- Nombre del modo: Corresponde a Bus, Auto, Metro – Metroplús, Taxi.

La Figura 23, muestra los nueve casos de la encuesta realizada, la cual fue realizada en computadores portátiles por un grupo de encuestadores capacitados por personal participante del estudio. Las encuestas se llevaron a cabo en una interfaz como la mostrada en la Figura 24, parte de un software desarrollado por el personal de la Universidad Nacional para esta investigación.

Figura 23. Encuesta de Preferencias Declaradas (PD)



Fuente. Elaboración Propia

Figura 24. Interfaz del software de la encuesta

Encuesta TPD

**ESTUDIO DE PARQUEADEROS AÑO 2014 EN EL CENTRO DE MEDELLÍN**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Guardar Deshacer  
Nuevo Eliminar

Errores: 13. Costo Parqueadero: debe ser mayor 0

Bachillerato Posgrado

1,2 MILLONES - 2,5 MILLONES

**CARACTERIZACION DEL VIAJE PRINCIPAL**

7. Barrio de Residencia: BELEN - COMUNA 16 DE MEDELLIN: BELEN - MUNICIPIO DE MEDELLIN 

Mu	Co	Ba
10	16	03

8. Destino principal (lugar del centro): CENTRO ADMINISTRATIVO - COMUNA 10 DE MEDELLIN: CANDELARIA - MUNICIPIO DE MEDELLIN 

Mu	Co	Ba
10	10	50

9. Dirección o nombre parqueadero: CENTRO ADMINISTRATIVO - COMUNA 10 DE MEDELLIN: CANDELARIA - MUNICIPIO DE MEDELLIN 

Mu	Co	Ba
10	10	50

10. Motivo del viaje:  Trabajo  Estudio  Compras  Salud  Otro Cuál

11. Frecuencia del viaje:  Diario  Interdiario  Semanal  Quincenal  Ocasional

12. Tipo parqueadero:  Lote  Edificio  Celda pintada en la calle  Centro comercial  En la calle

13. Tarifa del parqueadero que usted utiliza:  Unidad de pago:  Hora  Día  Semana  Quincer  Mes

13a. ¿Cuánto pagó en total la última vez por el parqueadero en el centro?:

14. Número de horas de parqueo al día:

16. Gracias al parqueo mensual o diario, ¿va a almorzar a casa diariamente?  Sí  No

18. ¿Cuántos viajes más hace desde el parqueadero a lo largo del día, antes de volver a casa?

Si la pregunta 18 > 0 18a. ¿En cuántos de estos sitios debe pagar parqueadero?

19. Hora de salida de casa en su primer viaje al centro:  20. Hora a la que llegó a su destino al centro:

21. Tiempo en auto al centro incluyendo parqueo (min):  22. Distancia desde el parqueadero al destino final (cuadras):

23. Distancia desde una estación de metro/metroplús al destino final (cuadras):

23a. Cuanto cobra un Taxi entre su Residencia y su Destino final:

**PREFERENCIAS DECLARADAS**

ENUNCIADO GENERAL  
A continuación se le presentarán varios casos con distintos valores de tiempo de viaje y costo de viaje para diferentes escenarios donde tendrá la posibilidad de viajar, hacia el centro, en bus, taxi, automóvil o metro/metroplús.

42. HOJA DE RESPUESTAS

INDICADORES Exportar Encuestas

Fuente. Evaluación de políticas de parqueaderos para el centro de Medellín. TPD 2014

## 5.4 Trabajo de campo

El trabajo de campo en la investigación consistió básicamente en la realización de encuestas a personas que ya han sido descritas, que siguieran una distribución similar a la tomada de la encuesta Origen – Destino del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012) en su caracterización socioeconómica de las personas que viajan al centro en modo Auto conductor. Dichas encuestas se elaboraron en dos etapas, primero se realizó una encuesta piloto, que permitiera detectar posibles ajustes necesarios de realizar, posteriormente se realizó la encuesta definitiva, para luego proceder a la depuración de la información. Tanto la encuesta piloto como la definitiva, fueron realizadas en domicilios o en campo, se dio la libertad a los encuestadores, brindándoles una zonificación a cada uno en los destinos de los viajes, de manera que no se repitieran todos en la misma zona, teniendo en cuenta esto, las encuestas

podrían ser realizadas a personas que cumplieran con los requisitos y tuvieran preferencia de hacer la encuesta en su hogar, o encontrar a personas en campo y realizar la encuesta. A continuación se describe todo el proceso realizado en la toma de información de campo.

### **5.4.1 Prueba piloto**

La encuesta piloto se realiza para poder detectar imprecisiones en la encuesta, igualmente sirve para analizar modelos preliminares, que aunque no son muy confiables, pueden dar indicios acerca de si se están utilizando variables adecuadas.

En el caso de esta investigación, se realizaron 25 encuestas piloto, teniendo en cuenta que normalmente estas encuestas piloto se realizan a aproximadamente un 5% del total de encuestas definitivas.

### **5.4.2 Encuesta definitiva**

En total se realizaron 497 encuestas en la fase definitiva, luego de realizar las correcciones generadas en la prueba piloto, en la cual por ejemplo se dejaron valores fijos para el taxi, además de simplemente mostrar el valor de una hora de parqueadero para el modo auto, lo que confundía a los encuestados y hacía imprecisos los resultados de la encuesta, pudiendo generar sesgos hacia un modo, o haciendo irreales los escenarios a los que se debían enfrentar las personas.

### **5.4.3 Digitación y depuración de los datos obtenidos**

En el proceso de la realización de las encuestas, se realiza la depuración de la información, hallando vacíos o datos faltantes en las encuestas y observando la consistencia de los datos, de manera que pueda retroalimentarse a los encuestadores y corregir cualquier imprecisión lo antes posible.

El software elegido para realizar los modelos es BIOGEME 2.0 (EPFL, 2014), debido a que es un software gratuito y genera resultados adecuados para los alcances de esta investigación. El software requiere la introducción de números en las respuestas, por lo que las respuestas alfanuméricas deben modificarse por códigos numéricos, además de acondicionar la matriz de respuestas al formato en el cual el software pueda leer los datos de manera adecuada.

La matriz con las respuestas obtenidas en las encuestas se anexa al presente trabajo en el Anexo 2. Posteriormente se procede a la formulación y estimación de los modelos, para finalmente realizar los análisis y obtener las conclusiones finales.

## 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ENCUESTA

En total, se realizaron 497 encuestas, dicha muestra es adecuada si se tiene en cuenta que para poblaciones mayores de 10.000 individuos, la expresión estadística desarrollada por Bartlett et al (Bartlett, Kotlik, & Higgins, 2001), indica que para una confiabilidad del 95% se debe tener una muestra de 370 individuos, lo que muestra que incluso existe una gran holgura para la muestra, dadas las imprecisiones que se pudiesen presentar, además de la posibilidad de tener un alto porcentaje de lexicográficos, lo que hacía necesario tener un número alto de datos que pudiera contrarrestar este porcentaje y producir modelos robustos y confiables. Para la formulación y estimación de los modelos se deben procesar y depurar las encuestas, de modo que se eliminaron 28 encuestas por los siguientes motivos:

- Falta de algunas respuestas
- Inconsistencias en las respuestas de los encuestados

Por lo tanto, se lograron obtener 469 encuestas, una cifra muy adecuada para realizar modelaciones. Cuando se dice usuarios lexicográficos son usuarios que siempre seleccionaron la misma respuesta en las preguntas de Preferencias Declaradas, es decir, usuarios cautivos de algún modo, estos usuarios no realizan un balance de las variables, por lo que no se deben utilizar en la formulación de los modelos. De las 469 encuestas se realizó un análisis estadístico, para analizar el perfil socioeconómico de los encuestados y hacer una caracterización promedio del viaje al centro. A continuación se muestran los análisis más relevantes realizados en la encuesta.

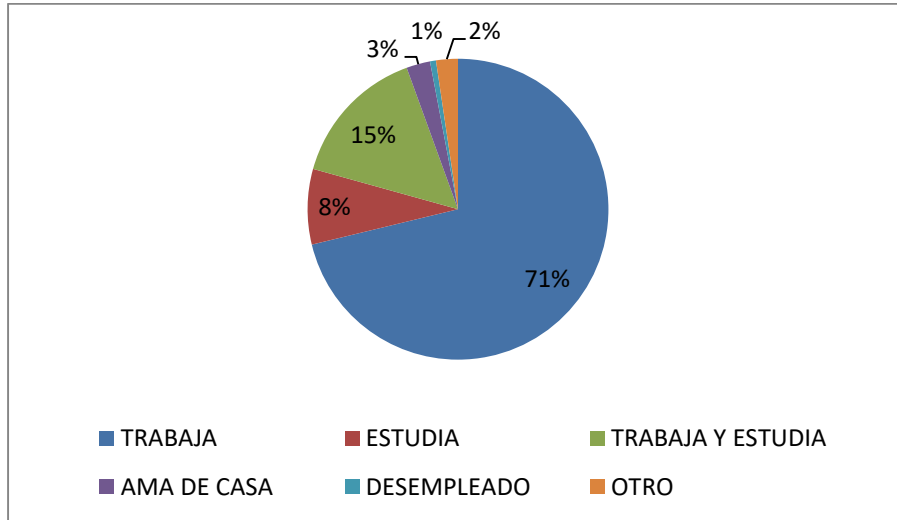
### 6.1 Análisis socioeconómico de los encuestados

Al analizar el género de los encuestados, se encontró que hay una gran mayoría de hombres con un 68%, en comparación del 32% de mujeres, esta situación está de acuerdo en gran medida con la información de la encuesta Origen – Destino 2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012).

En cuanto a la ocupación de los encuestados, la cual se puede observar en la Figura 25, que la gran mayoría de los encuestados (71%) tienen como ocupación el trabajo, seguido por personas que trabaja y estudia (15%) y las personas que sólo estudian (8%), entre esas tres ocupaciones se abarca el 94% de los encuestados, siguiendo de nuevo una distribución muy similar a la que se tiene en la EOD 2012 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2.012).



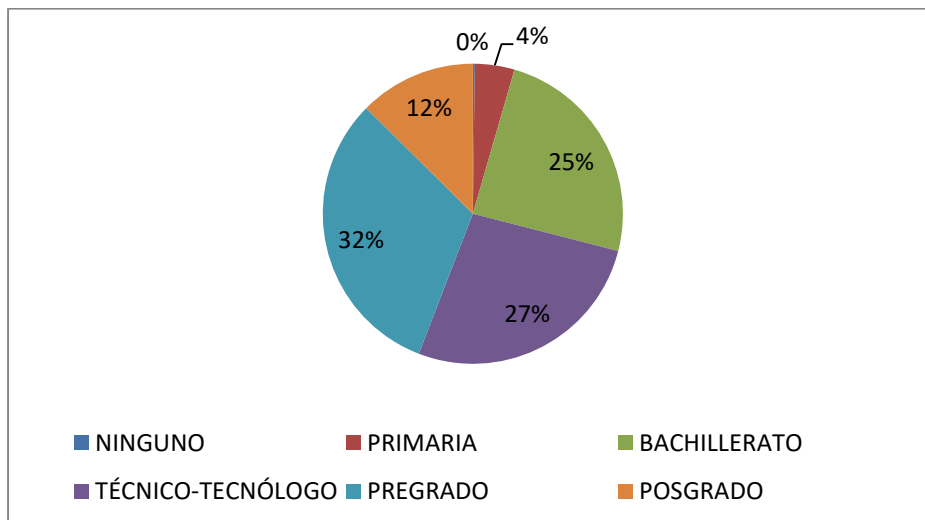
Figura 25. Ocupación de los encuestados



Fuente. Elaboración propia

En el nivel educativo mostrado en la Figura 26 la mayor proporción la tienen las personas con pregrado (32%), seguidas por las personas con un grado de escolaridad técnico-tecnológico (27%), con un porcentaje muy similar al de la proporción de personas con bachillerato (25%), hay una proporción menor que posee un posgrado (12%) y un porcentaje simplemente tiene estudios de primaria o no posee estudios.

Figura 26. Nivel educativo de los encuestados



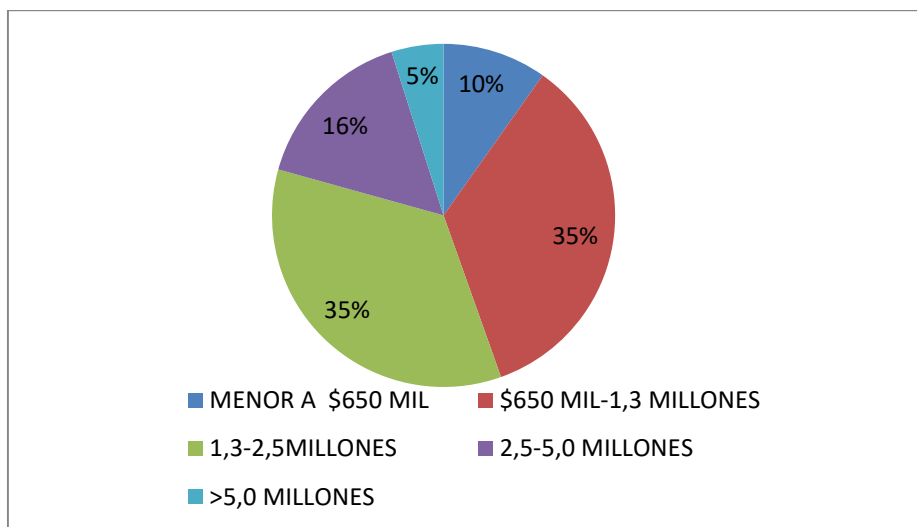
Fuente. Elaboración Propia

El nivel de ingreso de los viajeros al centro encuestados, mostrado en la Figura 17 señala que en un gran porcentaje (70%) está entre los seiscientos cincuenta mil pesos (\$ 650.000) y dos



millones y medio de pesos (\$ 2.500.000), tan solo un 10% gana menos de un mínimo entre los encuestados, un 16% gana entre dos millones y medio de pesos (\$ 2.500.000) y cinco millones de pesos (\$ 5.000.000) y el 5% restante gana más de cinco millones de pesos (\$ 5.000.000)

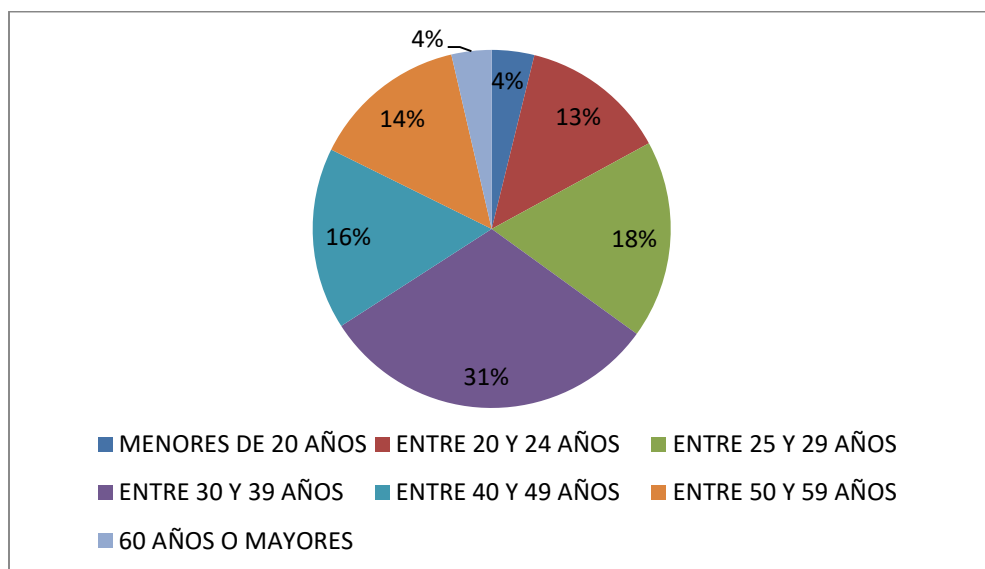
Figura 27. Nivel de ingresos de los encuestados



Fuente. Elaboración Propia

La curva de edades es muy variable, estando muy de acuerdo con la distribución de las ocupaciones, pues la gran mayoría de los encuestados eran trabajadores (71%), y en la Figura 28 se muestra que el 78% de los encuestados se encuentra entre 25 y 59 años, una edad laboral, siendo la mayor cantidad de personas encuestadas pertenecientes al rango entre 30 y 39 años.

Figura 28. Edades de los encuestados

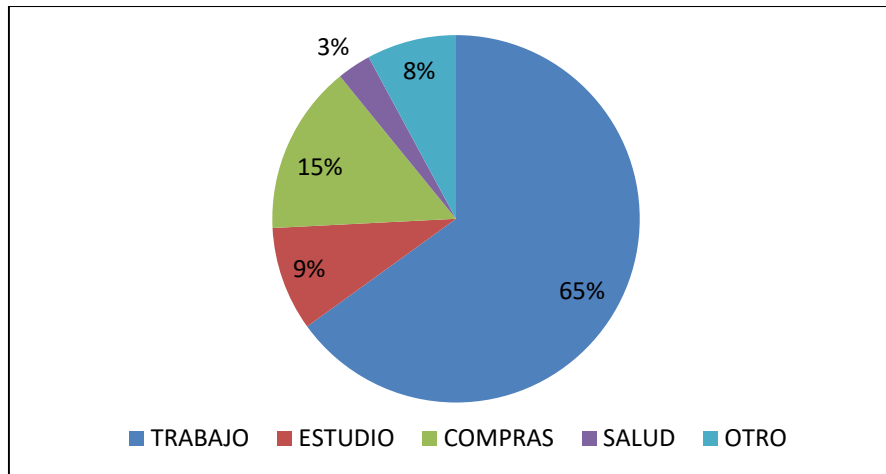


Fuente. Elaboración propia

## 6.2 Análisis de los viajes realizados

La Figura 29 muestra el motivo de viaje de los encuestados, en ella se puede observar que el 65% de los encuestados viajan al centro con motivo trabajo, seguido por apenas un 15% de motivo compras, un 8% de estudio y apenas un 3% por motivos de citas de salud.

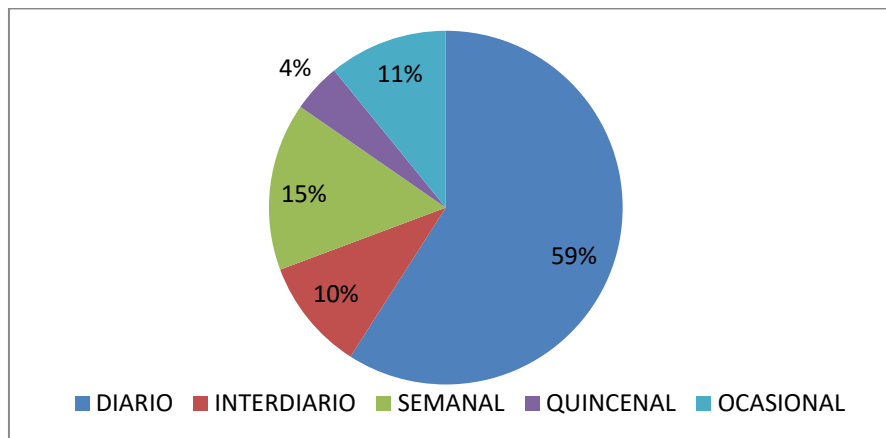
Figura 29. Motivo de viaje de los encuestados



Fuente. Elaboración propia

Según la Figura 30, una gran mayoría de los encuestados viajan diariamente al centro (59%), un 15% viaja semanalmente, mientras que un 10% lo hace interdiario (cada dos días), tan sólo un 4% viaja quincenalmente y un 11% tiene viajes ocasionales que no encajan en una rutina.

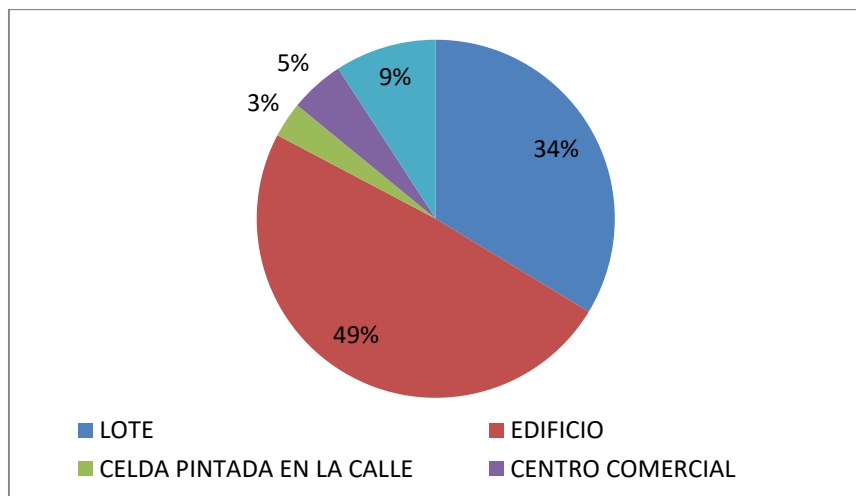
Figura 30. Frecuencia del viaje de los encuestados



Fuente. Elaboración propia

La Figura 31 señala que aproximadamente la mitad de los encuestados parquea en establecimientos tipo edificio, un 34% parquea en establecimientos tipo lote, mientras que el otro 17% se reparte entre parquear en la calle sin parquímetro (9%), en celdas de estacionamiento regulado con parquímetro (3%) y centros comerciales (5%).

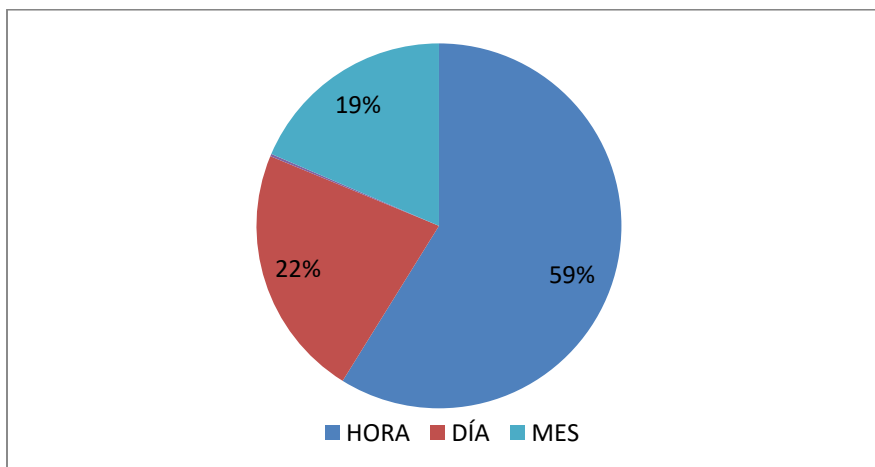
Figura 31. Tipo de parqueadero de los encuestados



Fuente. Elaboración propia

Un 59% de los encuestados paga por horas su parqueadero, un 22% paga el día y un 19% paga mensualmente, tan solo una persona respondió que pagaba quincenal, por lo que su porcentaje es cercano al 0% y no se tuvo en cuenta para la Figura 32.

Figura 32. Unidad de pago de los encuestados



Fuente. Elaboración propia

A pesar de lo que se detectó en el grupo focal, en el sentido de que se creía que un motivo importante para ir en auto al centro era poder almorzar en el hogar, esto quedó descartado al observar que sólo un 18% de los encuestados manifestó que almorzaba en su hogar, sin embargo ningún encuestado dentro de ese 18% consideró el hecho de poder ir a almorzar a la casa como un motivo para llevar el auto al centro.

## 6.3 Análisis estadístico por tipo de usuario e indicadores de percepción de las variables latentes

A continuación se presenta un análisis de los individuos encuestados, dicho análisis se hace con el fin de analizar la cantidad de individuos lexicográficos y finalmente dar una explicación sobre el número total de los individuos con los cuales se realizaron los modelos.

### 6.3.1 Individuos Lexicográficos

Los individuos lexicográficos son aquellos que no realizan ningún balance entre los atributos de las variables presentadas en las encuestas de Preferencias Declaradas, realizando siempre elecciones automáticas de alguna de las alternativas presentadas, igualmente pueden realizar elecciones basadas en la satisfacción, de tal manera que no realizan una maximización de utilidad. En transporte y más precisamente en esta investigación, los usuarios lexicográficos más comunes son los llamados “cautivos” de algún modo, es decir, escogen el mismo modo sin importar las variables presentadas para el resto de las alternativas. En este estudio además de los usuarios lexicográficos al modo, se consideraron los usuarios lexicográficos al tiempo de viaje y al costo, es decir, encuestados que siempre escogieron la alternativa con menor tiempo de viaje o que tenía el menor costo. Los lexicográficos no se deben incluir en las modelaciones pues no poseen variabilidad en sus elecciones, sin importar los cambios en las variables presentadas, estos usuarios podrían inducir sesgos en los modelos, generando así imprecisiones y posibles errores.

Para la presente investigación se realizaron 497 encuestas, de las cuales se encontraron imprecisiones en 28 de ellas, por lo que se trabajaron con 469 encuestas, de las cuales 222 fueron no lexicográficas, para cada una de las cuales se tienen nueve observaciones, lo que hace que se tengan 1998 observaciones, un número muy adecuado para obtener modelos robustos, teniendo en cuenta que se pueden utilizar todos ellos para la modelación, en estudios similares, se han encontrado números de observaciones mucho menores con resultados adecuados (Simicevic, Vucanovic, & Molosavljevic, 2013), por lo que se tuvo en cuenta una previsión de holgura y la cantidad de datos es adecuada para realizar los modelos. De las 247 encuestas lexicográficas (53%), aproximadamente un 95% fueron lexicográficos al modo (235 encuestas), mientras que tan sólo un 3% fue lexicográfico al costo (7 encuestas) y un 2% al tiempo de viaje (5 encuestas).

### 6.3.2 Indicadores de la variable seguridad

A continuación se presenta un análisis de cada uno de los indicadores obtenidos en las encuestas, dichos indicadores, como se expresó anteriormente, son fundamentales para formular las ecuaciones estructurales de las variables latentes, además de ello, por sí solos pueden servir para sacar conclusiones importantes de la percepción de los individuos de cada uno de los modos estudiados. Cada indicador preguntado en la encuesta, tuvo calificaciones en escala Likert, con valores de 1 a 7, que en el caso de la comodidad tienen el siguiente significado:

- 1 = Extremadamente posible
- 2 = Posible
- 3 = Medianamente Posible
- 4 = Indiferente
- 5 = Medianamente Imposible
- 6 = Imposible
- 7 = Extremadamente imposible

La Tabla 6 contiene el análisis porcentual del indicador de seguridad en cuanto a la posibilidad de ocurrencia de un accidente a bordo de cada uno de los modos, se puede observar que se tiene una percepción de accidente más baja de accidente en el Metro que en el resto de los modos, siendo el peor calificado el bus, en el cual aproximadamente un 26% de los encuestados consideraron extremadamente posible sufrir un accidente mientras viajan en un bus. La buena percepción en este indicador del modo Metro, puede deberse en gran medida a que es un modo segregado, e históricamente no ha presentado accidentes representativos.

Tabla 6. Análisis indicador posibilidad de ocurrencia de accidente

Indicador*	Auto	Bus	Metro	Taxi
1	10,8%	26,1%	1,8%	10,4%
2	52,3%	48,2%	23,4%	56,8%
3	26,6%	14,4%	23,4%	21,2%
4	5,4%	4,1%	10,8%	5,4%
5	2,7%	5,4%	22,5%	2,7%
6	1,8%	1,8%	12,6%	2,7%
7	0,5%	0,0%	5,4%	0,9%

\*7 es lo más seguro

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 7 permite observar el análisis porcentual del indicador de seguridad en cuanto a la posibilidad de ocurrencia de robo entre el origen del viaje y la parada final de cada uno de los modos públicos o el parqueadero en el caso del auto, se puede ver que de nuevo el Metro es el mejor calificado, mientras que el Bus es el que posee la percepción de ser más inseguro en este tema, teniendo un 23% de las respuestas que consideran ser extremadamente posible la ocurrencia de un robo en su trayecto hasta la parada o el parqueadero. Es importante observar que los usuarios de auto lo consideran posible a pesar de ser un modo privado, pues aproximadamente un 45% de los encuestados lo calificó como Posible, esto refleja los niveles de inseguridad y las cifras de hurto a personas que han venido ocurriendo en los últimos años y que han aumentado progresivamente.

En general para todos los modos se observa una percepción de inseguridad en los encuestados, esto también puede tener que ver con que la Comuna 10 (La Candelaria) es la de mayor cifras

de hurtos en toda la ciudad, siendo posible que esta percepción sea diferente para los viajes a otros lugares de la ciudad.

Tabla 7. Análisis de posibilidad de ocurrencia de robo entre origen y parada/parqueadero

Indicador	Auto	Bus	Metro	Taxi
1	7,7%	23,0%	4,1%	10,4%
2	44,6%	46,8%	31,1%	52,3%
3	26,1%	17,1%	35,6%	23,9%
4	9,0%	4,5%	9,5%	7,2%
5	8,1%	5,4%	13,5%	4,1%
6	3,6%	3,2%	5,0%	2,3%
7	0,9%	0,0%	1,4%	0,0%

\*7 es lo más seguro

Fuente. Elaboración Propia

La Tabla 8 indica los valores porcentuales del indicador de seguridad en cuanto a la ocurrencia de robo desde la parada de los modos públicos o el parqueadero en el caso del auto, hasta el destino final del viaje, se destaca que aproximadamente un 85% de los encuestados considera de alguna manera Posible, la ocurrencia de robo desde la parada hasta el destino final del viaje para el modo Bus, siendo de nuevo calificado como el más inseguro, sin embargo en general todos los modos tienen malas calificaciones en este indicador, tal vez, como ya se mencionó en el indicador anterior, dado que la Comuna 10 (La Candelaria) es la comuna en la que más hurtos ocurren en la ciudad, en este caso los modos individuales son los mejores calificados, tal vez teniendo en cuenta que pueden ser los que más cerca dejan a los usuarios de sus destinos finales de viaje. Se aclara que este indicador depende del modo y es diferente para todos los modos dado que los usuarios consideran para cada modo un lugar diferente de parada normalmente, por lo que normalmente el paradero de bus puede estar en un lugar diferente al lugar de parada del taxi o el parqueadero del auto, lo que hace que los caminos hacia el destino puedan ser percibidos de diferente manera por los usuarios.

Tabla 8. Análisis de posibilidad de ocurrencia de robo desde la parada/parqueadero hasta el destino final del viaje

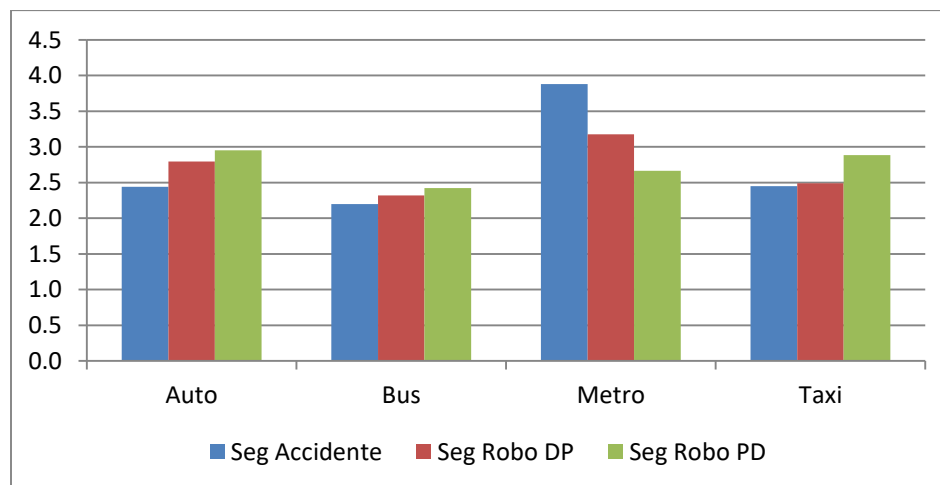
Indicador	Auto	Bus	Metro	Taxi
1	9,9%	20,3%	18,9%	6,3%
2	40,1%	46,4%	38,7%	45,9%
3	25,7%	18,0%	19,4%	25,7%
4	6,3%	5,9%	9,5%	7,2%
5	9,0%	5,9%	7,7%	6,8%
6	5,4%	2,7%	5,0%	5,9%
7	3,6%	0,9%	0,9%	2,3%

\*7 es lo más seguro

Fuente. Elaboración Propia

En la Figura 33 se ha calculado el promedio de cada uno de los indicadores para cada uno de los modos, compilando lo que se ha mostrado en la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8, se observa que en cuanto a seguridad el modo Metro es el mejor calificado en promedio en los dos primeros indicadores (Seguridad con respecto a la posibilidad de ocurrencia de accidente y en cuanto a la posibilidad de ocurrencia de un robo desde el origen del viaje hasta el paradero/parqueadero), mientras que el modo auto es el más seguro en la percepción de los usuarios en cuanto al indicador de la posibilidad de ocurrencia de un robo desde el paradero/parqueadero hasta el destino final.

Figura 33. Indicadores promedio por modo



Fuente. Elaboración Propia

### 6.3.3 Indicadores de la variable comodidad

Para la variable comodidad también se utilizó una escala Likert en su calificación, teniendo las calificaciones que se muestran a continuación:

- 1 = Extremadamente cómodo
- 2 = Cómodo
- 3 = Medianamente cómodo
- 4 = Indiferente
- 5 = Medianamente incómodo
- 6 = Incómodo
- 7 = Extremadamente incómodo

La Tabla 9 contiene el análisis porcentual en las respuestas sobre el indicador de comodidad en cuanto a la calidad de los asientos, espacios adecuados y disfrute general durante todo el viaje para llegar al destino final del viaje, como es de esperar se observa que la mayor percepción de comodidad la tienen los modos individuales, siendo el modo Auto el mejor calificado, con un 95% de las respuestas con calificación entre Extremadamente Cómodo y Cómodo; el modo Bus tiene

la peor calificación en este indicador, teniendo un 12% que lo considera Exageradamente Incómodo, y sólo aproximadamente un 30% que lo considera en alguna medida cómodo.

Tabla 9. Análisis de la calidad de los asientos, los espacios adecuados y el disfrute general durante todo el viaje hasta el destino final del viaje

Indicador	Auto	Bus	Metro	Taxi
1	63,5%	0,9%	3,2%	14,4%
2	31,5%	9,9%	23,4%	64,0%
3	1,8%	20,7%	28,8%	12,6%
4	2,3%	11,3%	10,4%	2,7%
5	0,5%	19,4%	16,2%	4,1%
6	0,0%	25,7%	14,4%	1,8%
7	0,5%	12,2%	3,6%	0,5%

\*1 es lo más cómodo

Fuente. Elaboración Propia

La Tabla 10 muestra la distribución porcentual de respuestas para el indicador de comodidad en cuanto a la facilidad de acceso al modo desde el origen del viaje y la facilidad para acceder al destino final del viaje desde el paradero del modo público o el parqueadero en el caso del auto, se observa que en general los individuos de los modos individuales tienen una muy buena percepción de la comodidad en este indicador, dada la alta flexibilidad que tienen dichos modos, mientras que la rigidez del modo Bus y el modo Metro hacen que tengan menos comodidad en su facilidad de acceso, siendo muy similares en su calificación tanto los modos individuales, con aproximadamente un 90% de percepción de comodidad en algún grado, como el modo Bus y el modo Metro con una percepción de algún grado de comodidad de aproximadamente un 60% de los encuestados.

Tabla 10. Análisis de la facilidad de acceso al modo desde el origen del viaje y desde el paradero/parqueadero hasta el destino final del viaje

Indicador	Auto	Bus	Metro	Taxi
1	32,4%	1,8%	2,3%	12,2%
2	49,5%	28,4%	30,6%	63,1%
3	7,7%	28,4%	23,9%	13,1%
4	4,1%	6,8%	6,3%	2,7%
5	1,8%	13,1%	17,1%	3,6%
6	4,5%	17,6%	15,3%	5,0%
7	0,0%	4,1%	4,5%	0,5%

\*1 es lo más cómodo

Fuente. Elaboración Propia

La Tabla 11 indica la distribución porcentual de las respuestas en el indicador de comodidad en cuanto a la posibilidad de viajar con paquetes de forma cómoda, en este caso, la peor calificación la tienen los modos Bus y Metro, mientras que el modo Auto tiene una calificación muy alta de



comodidad en este indicador, con aproximadamente un 67% de las respuestas calificándolo como un modo extremadamente cómodo para llevar paquetes, el modo Bus apenas alcanza aproximadamente un 9% de las respuestas que lo califiquen como cómodo en algún grado para llevar paquetes.

Tabla 11. Análisis de la posibilidad de llevar paquetes de manera cómoda

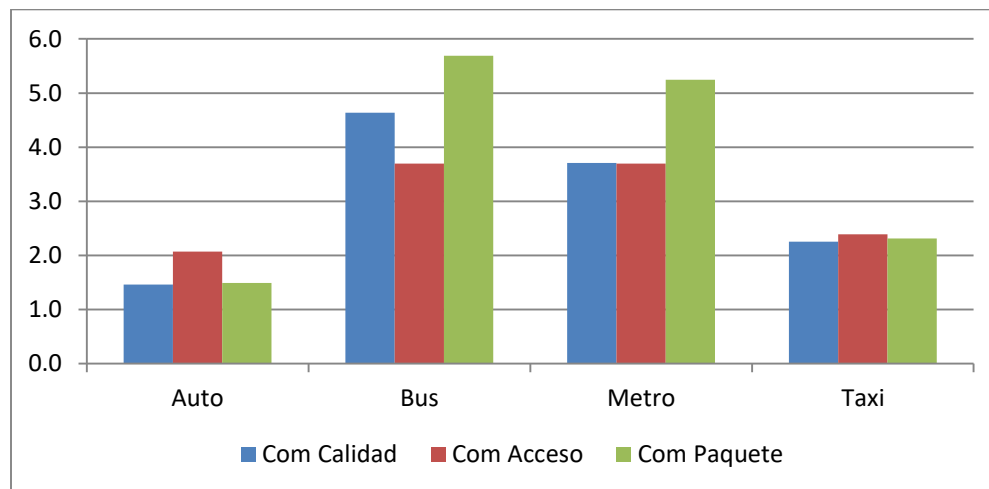
Indicador	Auto	Bus	Metro	Taxi
1	66,7%	0,9%	0,0%	18,5%
2	26,1%	3,2%	5,9%	56,3%
3	3,2%	5,4%	14,4%	12,6%
4	1,4%	7,7%	4,5%	4,5%
5	1,4%	15,8%	22,5%	4,5%
6	0,9%	33,8%	29,7%	3,6%
7	0,5%	33,3%	23,0%	0,0%

\*1 es lo más cómodo

Fuente. Elaboración Propia

La Figura 34 refleja el cálculo de los indicadores promedio para cada uno de los modos, en ella se puede observar claramente la diferencia entre la percepción de comodidad de los modos individuales en comparación con el modo Bus y el modo Metro, teniendo una percepción de mucha comodidad en los modos individuales, mientras que tanto el modo Bus como el modo Metro poseen calificaciones deficientes en comodidad.

Figura 34. Indicadores promedio de comodidad



\*1 es lo más cómodo

Fuente. Elaboración Propia

## 7. FORMULACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS

El presente capítulo contiene los modelos de elección discreta formulados y estimados para la investigación. Tal como se planteó en el Capítulo 1, se plantearon modelos Logit Multinomial, Logit Mixto e Híbridos. Se plantearon múltiples modelos de cada tipo, analizando la inclusión de todas las variables que se indicadas a continuación, de todos los modelos estimados, se escogió el mejor de cada tipo para los análisis respectivos de significancia y comparación entre modelos. Las variables por grupos son las siguientes:

- Almuerzo en casa (Dos niveles de variación)
- Tipo de parqueadero (Tres niveles de variación)
- Edad (Tres niveles de variación)
- Nivel educativo (Tres niveles de variación)
- Frecuencia (Cuatro niveles de variación)
- Motivo de viaje (Tres niveles de variación)
- Nivel de ingreso (Tres niveles de variación)
- Género (Dos niveles de variación)
- Unidad de pago del parqueadero (Cuatro niveles de variación)

Para la estimación de los modelos Logit Multinomial, Logit Mixto e Híbrido se utilizó el software Biogeme 2.0 (EPFL, 2014), dado su amplio uso en el campo del transporte y su confiabilidad. Dado que los modelos híbridos se calcularon de manera secuencial y no simultánea, se utilizó el software SPSS AMOS 24 (Arbuckle, 2014) para el cálculo de las ecuaciones estructurales de cada uno de los modos en cada variable latente. Para todos los modelos se trabajó con un porcentaje de confianza del 95% para la selección de las variables significativas, aunque es importante mencionar que en algunos casos se realizaron excepciones aceptando variables con significancia a un nivel de confianza del 90%.

### 7.1 Modelos MNL

Para este tipo de modelos y en general para todos los tipos calculados en la investigación se comenzó modelando simplemente con las variables costo y tiempo de viaje, dado que son las más utilizadas en el transporte tradicionalmente, posteriormente se incluyeron progresivamente más variables con el fin de hacer el modelo más robusto.

En general los modelos estimados tienen la siguiente forma:

$$U_{alt_i} = ASC_{alt_i} + \beta \cdot X + \varepsilon_{alt_i} \quad (7.1)$$

Donde:

$U_{alt_i}$  : Utilidad de la alternativa i

$ASC_{alt_i}$  : Constante modal de la alternativa i

$\beta$  : Vector de constantes a estimar para las variables utilizadas

$X$  : Vector de atributos de cada usuario para la alternativa i

Teniendo en cuenta las alternativas o modos utilizados en la presente investigación, el modelo Logit Multinomial estaría compuesto por el siguiente sistema:

$$U_{bus} = ASC_{bus} + \beta \cdot X + \varepsilon_{bus} \quad (7.2)$$

$$U_{auto} = ASC_{auto} + \beta \cdot X + \varepsilon_{auto} \quad (7.3)$$

$$U_{metro} = ASC_{metro} + \beta \cdot X + \varepsilon_{metro} \quad (7.4)$$

$$U_{taxi} = ASC_{taxi} + \beta \cdot X + \varepsilon_{taxi} \quad (7.5)$$

La Tabla 12 contiene las variables utilizadas en el modelo escogido para los Logit Multinomial:

Tabla 12. Variables utilizadas para el modelo Logit Multinomial

Variable utilizada	Código variable
Constante modal del bus	ASC1
Constante modal del auto	ASC2
Constante modal del metro	ASC3
Constante modal del taxi	ASC4
Tiempo de viaje	Tv
Costo	C
Nivel educativo pregrado	Zpregrado
Nivel educativo bachiller	Zbachiller
Nivel de ingreso bajo	Zingbajo
Nivel de ingreso alto	Zingalto
Sexo masculino	Zmasc
Unidad de pago día	Zdia
Unidad de pago quincenal	Zqui
Unidad de pago mensual	Zmes

Fuente. Elaboración Propia

Es de suma importancia aclarar que las variables generales como el Nivel Educativo y demás variables socioeconómicas utilizadas, fueron divididas por rangos, utilizando variables Dummy, las cuales fueron explicadas en el Capítulo 2. Marco Teórico, esto con el fin de tener en cuenta la variación sistemática en los gustos, y determinar los coeficientes reales para cada nivel de las variables, de tal manera que aunque en la base de datos se encuentren valores que aumentan linealmente, esto no se traslade a los modelos causando que, por ejemplo, una variable cuyo valor en la base de datos es de 4, tenga cuatro veces más utilidad que la misma variable con valor 1. Esta práctica genera modelos más precisos y robustos (Ortúzar & Román, 2003).

Otra práctica utilizada comúnmente y que en esta investigación se aplicó es la de escalar los costos, dividiéndolos por mil (1000), de esta manera se obtienen resultados más precisos y los modelos convergen con mayor facilidad según se comprobó en las modelaciones y según han demostrado algunos autores (Arbeláez Arenas, 2015).

## 7.2 Modelos MXL

Los modelos Logit Mixtos tienen una forma similar a la de los Logit Multinomiales, sin embargo, se introduce una variable adicional que representa una función de densidad de probabilidad con una distribución normal, en este caso, dado el objetivo de la presente investigación, la variable seleccionada para generar la función de densidad es la variable costo.

En la Tabla 13 se indican las variables utilizadas en el modelo Logit Mixto seleccionado:

Tabla 13. Variables utilizadas en el modelo Logit Mixto

Variable utilizada	Código Variable
Constante modal del bus	ASC1
Constante modal del auto	ASC2
Constante modal del metro	ASC3
Constante modal del taxi	ASC4
Tiempo de viaje	Tv
Costo	C
Variación normal del costo	Bc_S
Almuerzo en casa	Zalmu
Tipo de parqueadero lote	Zlote
Tipo de parqueadero edificio	Zedificio
Nivel educativo pregrado	Zpregrado
Nivel educativo bachiller	Zbachiller
Nivel de ingreso medio	Zingmedio
Nivel de ingreso alto	Zingalto
Género masculino	Zmasc
Unidad de pago día	Zdia
Unidad de pago quincena	Zqui
Unidad de pago mes	Zmes

Fuente. Elaboración Propia

Para este tipo de modelo se tuvieron en cuenta las mismas consideraciones que para el modelo Logit Multinomial, mencionadas anteriormente, de manera que se pueda tener en cuenta la variación sistemática de los gustos y se estimen modelos teniendo en cuenta valores pequeños del costo para su mejor convergencia.

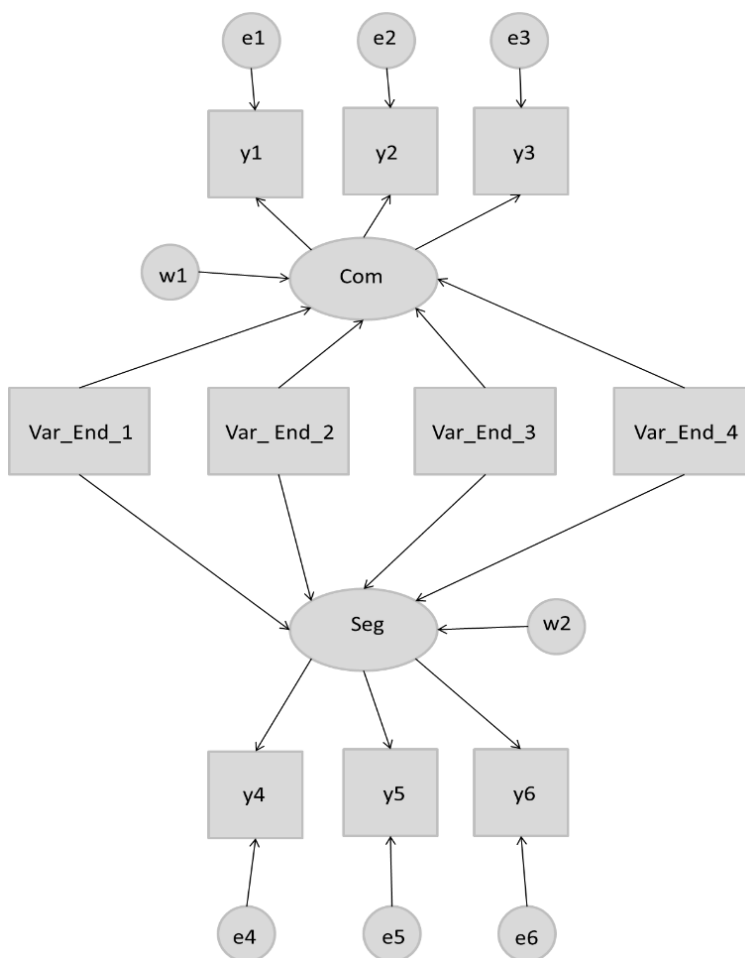
### 7.3 Modelos híbridos (Incluyendo variables latentes)

Como ya se ha mencionado anteriormente, estos modelos son básicamente los mismos mixtos, sin embargo, adicionalmente se incluyen variables latentes, las cuales se han relacionado previamente con una serie de variables endógenas o de indicadores de las mismas variables latentes, mediante una ecuación estructural. Su estructura de cada ecuación de utilidad tiene la forma mostrada a continuación:

$$U_{alt_i} = ASC_{alt_i} + \beta \cdot X + \beta_{seg\_modo_i} \cdot \eta_{seg\_modo_i} + \beta_{com\_modo_i} \cdot \eta_{com\_modo_i} + \varepsilon_{alt_i} \quad (7.6)$$

Dependiendo del modo evaluado y si se desea incluir los términos relacionados a la comodidad o no y aún más allá, si se tienen los indicadores que permitan el cálculo de la ecuación estructural para cada modo, las ecuaciones de utilidad para cada modo pueden ser las mismas que las utilizadas en los modelos Logit Mixtos. Las ecuaciones estructurales se hallan mediante modelo MIMIC, este tipo de modelos llevan este nombre por sus siglas en inglés, Multiple Indicators and Multiple Causes y tienen la forma que se ve en la Figura 35.

Figura 35. Forma general del modelo MIMIC



Fuente. Elaboración propia

Donde:

Com: Representa la variable latente comodidad

Seg: Representa la variable latente seguridad

$y_i$ : Representa el indicador  $i$  de alguna variable latente

$e_i$ : Representa el término de error asociado al indicador  $i$  para alguna variable latente

Var\_End\_i: Variable endógena  $i$

$w_i$ : Representa el término de error asociado a la variable latente  $i$

A pesar de que este modelo es la forma general, no necesariamente representa el modelo utilizado en esta investigación, pueden existir modelos en los que las variables latentes estén relacionadas con variables diferentes entre sí o con otras variables latentes, teniendo, en conclusión una variedad muy grande de posibles modelos. Se deben obtener ecuaciones estructurales para cada modo deseado con el fin de introducir las a los modelos para hacerlos más robustos.

## 7.4 Resultados de los modelos de elección discreta

La Tabla 14, la Tabla 15 y la Tabla 16 muestran los resultados obtenidos para algunos modelos Logit Multinomial, Logit Mixto e Híbridos. Estos modelos fueron los mejores obtenidos para cada tipo, y se puede observar en la parte inferior de cada tabla, un análisis de los datos.

Tabla 14. Modelos MNL estimados

Nombre de la Variable	Código de la variable	Modelo 1 V. Coef (rob t-test)	Modelo 2 V. Coef (rob t-test)	Modelo 3 V. Coef (rob t-test)
Constante modal para el bus	ASC1	-2,14	-2,13	-2,15
		-8,91	-8,92	-9,03
Constante modal para el auto	ASC2	-	-	-
Constante modal para el metro	ASC3	-2,1	-2,1	-2,11
		-8,77	8,77	-8,89
Constante modal para el taxi	ASC4	-2,27	-2,27	-2,28
		-10,18	-10,19	-10,3
Tiempo de viaje	Tv	-0,0711	-0,0711	-0,0711
		-12,82	-12,81	-12,81
Costo	C	-0,115	-0,115	-0,115
		-14,88	-14,91	-14,95
Nivel educativo bachillerato	BZBachillerato	0,778	0,762	0,766
		4,14	4,06	4,08

Nombre de la Variable	Código de la variable	Modelo 1 V. Coef (rob t-test)	Modelo 2 V. Coef (rob t-test)	Modelo 3 V. Coef (rob t-test)
Nivel educativo pregrado	BZPregrado	0,57	0,544	0,548
		3,11	3	3,02
Nivel de ingreso alto	BZIngalto	-0,179	-0,197	-0,203
		-1,15	-1,27	-1,33
Nivel de ingreso bajo	BZIngbajo	0,446	0,375	0,374
		3,37	2,94	2,93
Unidad de pago día	BZDia	-0,355	-0,341	-0,344
		-2	-1,94	-1,96
Unidad de pago quincena	BZQui	0,625	0,6	0,609
		2,39	2,26	2,3
Unidad de pago mes	BZMes	0,249	0,27	0,276
		1,49	1,6	1,64
Género Masculino	BZMasc	-0,323	-0,305	-0,306
		-2,87	-2,71	-2,72
Variable Almuerzo en casa	BZAlmu	-0,0823	-0,0558	-
		-0,54	-0,37	
Edad joven	BZJoven	-0,226	-	-
		-1,62		
Edad viejo	BZViejo	0,414	-	-
		1,17		
Número de variables modeladas		16	14	13
Número de variables significativas		11	11	12
Log verosimilitud inicial del modelo		-2768,43	-2768,43	-2768,43
Log verosimilitud final del modelo		-2418,139	-2420,249	-2420,319
Rho cuadrado obtenido		0,121	0,121	0,126
Test Logverosimilitud			4,22	0,14

Fuente. Elaboración propia

Se puede concluir entonces que el mejor modelo es el 3, dado que a pesar de tener características similares para todos y resultados estadísticos muy parecidos, el modelo 3 gana robustez al eliminar las variables que no son significativas, además tiene una variable significativa más, contando con 12 variables significativas, que superan las 11 variables del modelo 1 y modelo 2. Adicionalmente los Test de Logverosimilitud, comprueban que el modelo 2 es mejor que el modelo 1 y que el modelo 3 es mejor que el 2, toda vez que el resultado de la estimación del test es menor que el estimador chi cuadrado para dos y un grado de libertad.

Tabla 15. Modelos MXL estimados

Nombre de la Variable	Código de la variable	Modelo 1 V. Coef (rob t-test)	Modelo 2 V. Coef (rob t-test)	Modelo 3 V. Coef (rob t-test)
Constante modal para el bus	ASC1	-1,56	-1,63	-1,48
		-8,18	-8,76	-8,14
Constante modal para el auto	ASC2	-	-	-
Constante modal para el metro	ASC3	-1,53	-1,59	-1,45
		-7,94	-8,53	-7,88
Constante modal para el taxi	ASC4	-1,63	-1,7	-1,58
		-10,42	-11,43	-10,39
Tiempo de viaje	Tv	-0,0725	-0,0727	-0,0725
		-12,26	-8,5	-12,29
Costo	C	-0,126	-0,126	-0,122
		-9,07	-9,18	-9,02
Nivel educativo bachillerato	BZBachillerato	-0,351	0,558	0,591
		5,36	5,12	5,36
Ocupación trabajo	BZTrabajo	-0,184		-0,195
		-1,55		-1,65
Unidad de pago día	BZDia	-0,351	-0,347	-0,346
		-1,93	-1,91	-2,15
Unidad de pago quincena	BZQui	0,872	0,896	-0,386
		3,1	3,18	2,95
Unidad de pago mes	BZMes	0,252	0,265	
		1,49	1,58	
Género Masculino	BZMasc	-0,269	-0,31	-0,264
		-2,27	-2,65	-2,23
Tipo de parqueadero edificio	BZEdif	-0,389	-0,396	-0,376
		-3,52	-3,57	-3,42
Variación normal del costo	Bc_S	-0,036	0,0388	-0,0725
		-2,03	2,3	-1,88
Número de variables modeladas		13	12	12
Número de variables significativas		11	11	12
Log verosimilitud del modelo		-2768,43	-2768,43	-2768,43
Log verosimilitud final del modelo		-2431,52	-2432,54	-2432,661
Rho cuadrado obtenido		0,122	0,121	0,121
Test de Logverosimilitud			2,04	0,242

Fuente. Elaboración Propia



En este caso, el mejor modelo también es el llamado modelo 3, pues se han retirado las variables que en los otros dos modelos no fueron significativas, además de obtener 12 variables significativas, por encima de las 11 variables significativas de los modelos 1 y 2. Analizando los Test de Logverosimilitud también resulta mejor el modelo 3, en comparación con los otros dos modelos, pues su estimación arroja un valor menor que el del estimador de chi cuadrado para un nivel de confianza del 95% (3,8415).

La Tabla 16 y la Tabla 17 muestran los valores de las variables socioeconómicas relacionadas con las variables latentes explicadas mediante los indicadores descritos anteriormente. En las mencionadas tablas, también se pueden observar los valores de los test t, los cuales muestran la significancia de las variables en las ecuaciones estructurales.

Tabla 16. Resultados del modelo Múltiples Indicadores y Múltiples Causas para la seguridad

Modo	Frecuencia (t-test)	Tipo Parqueadero (t-test)	Nivel Educativo (t-test)	Almuerzo en casa (t-test)
Bus	-0,124 -3,124		0,114 2,892	
Auto	-0,078 -2,178	0,098 2,178		
Metro				0,318 1,577**
Taxi		0,075 1,516**	0,115 2,639	

\*\* variables significativas a un 85% de confiabilidad

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 17. Resultados del modelo Múltiples Indicadores y Múltiples Causas para la comodidad

Modo	Motivo de viaje (t-test)	Tipo Parqueadero (t-test)	Nivel Educativo (t-test)	Edad (t-test)	Nivel de Ingreso (t-test)	Género (t-test)
Bus				-0,153 -2,094	0,164 1,575**	
Auto	-0,041 -1,717*	-0,042 -1,650*	0,05 2,316			
Metro						-0,399 -1,960
Taxi			0,186 3,803			

\* variables significativas a un 90% de confiabilidad

\*\* variables significativas a un 85% de confiabilidad

Fuente. Elaboración Propia

Para los modelos híbridos se incluyeron las ecuaciones estructurales que resultaron de las modelaciones en el software SPSS Amos 24 (Arbuckle, 2014), y se realizaron algunos modelos incluyendo las variables latentes, de las cuales, el mejor modelo es el mostrado en la Tabla 18.

Tabla 18. Modelo Híbrido seleccionado

Nombre de la Variable	Código de la variable	Modelo 1 V. Coef (rob t-test)
Constante modal para el bus	ASC1	-1,75
		-9,40
Constante modal para el auto	ASC2	-
Constante modal para el metro	ASC3	-2,14
		-9,50
Constante modal para el taxi	ASC4	-2,98
		-8,42
Tiempo de viaje	Tv	-0,0737
		-12,45
Costo	C	-0,120
		-8,90
Nivel educativo bachillerato	BZBachillerato	0,752
		6,60
Variación normal del costo	Bc_S	0,0376
		2,16
Tipo de parqueadero edificio	BZEdif	-0,364
		-3,26
Unidad de pago día	BZDia	-0,441
		-2,46
Unidad de pago quincena	BZQui	0,892
		3,17
Género Masculino	BZMasc	-0,450
		-3,67
Comodidad	Bcom	-0,828
		-4,28
Seguridad	Bseg	2,06
		4,15
Número de variables modeladas		13
Número de variables significativas		13
Log verosimilitud inicial del modelo		-2769,816
Log verosimilitud final del modelo		-2411,194
Rho cuadrado obtenido		0,129

Fuente. Elaboración Propia

Al aplicar el Test de Logverosimilitud al modelo híbrido elegido en comparación con el mejor modelo mixto, se encuentra que el modelo híbrido es mejor, pues el test arroja un valor de 42,934, que es mucho mayor que el estimador chi cuadrado para un grado de libertad (3,8415) y el 95% de confianza, lo que indica que se rechaza la hipótesis de que el modelo mixto que está menos restringido, sea mejor que el híbrido que tiene más restricciones, por lo tanto se elige como mejor modelo el híbrido.

La Tabla 19 contiene un resumen de las modelaciones realizadas, en ella se puede observar la consistencia de los signos, la cantidad de variables significativas en cada modelo, la log verosimilitud final y el estadístico Rho Cuadrado para cada modelo:

Tabla 19. Resumen de los modelos

Tipo de Modelo	Consistencia de signos	Número de variables significativas	Log verosimilitud final	Rho cuadrado
MNL	Sí	12	-2420,319	0,122
MXL	Sí	12	-2432,661	0,121
Híbrido	Sí	13	-2411,194	0,129

Fuente. Elaboración Propia

Tal como se observa en la Tabla 19, los mejores modelos son los híbridos, sin embargo, todos tienen una buena cantidad de variables significativas, y en todas las variables tiempo y costo de viaje, son significativas. Algunas de las variables seleccionadas como significativas, no obtuvieron test t robustos mayores a |1,96|, lo que no las hace significativas en un nivel de confianza del 95%, sin embargo, obtuvieron valores superiores a |1,65|, lo que las hace significativas con un nivel de confianza del 90%, por lo que se dejaron en los modelos para realizar los cálculos prospectivos.

Las ecuaciones de cada uno de los tipos de modelo se presentan a continuación

- Modelo MNL

$$V_{\text{Bus}} = \text{ASC1} + \text{Btv} * \text{bus\_tv} + \text{Bc} * \text{bus\_csc} + \text{BZPregrado} * \text{ZPregrado} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BZIngbajo} * \text{ZIngbajo} + \text{BZIngalto} * \text{ZIngalto} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZMes} * \text{ZMes}$$

$$V_{\text{Auto}} = \text{ASC2} + \text{Btv} * \text{auto\_tv} + \text{Bc} * \text{auto\_csc}$$

$$V_{\text{Metro}} = \text{ASC3} + \text{Btv} * \text{metro\_metroplus\_tv} + \text{Bc} * \text{metro\_metroplus\_csc} + \text{BZPregrado} * \text{ZPregrado} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BZIngbajo} * \text{ZIngbajo} + \text{BZIngalto} * \text{ZIngalto} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZMes} * \text{ZMes}$$

$$V_{\text{Taxi}} = \text{ASC4} + \text{Btv} * \text{taxi\_tv} + \text{Bc} * \text{taxi\_csc} + \text{BZPregrado} * \text{ZPregrado} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BZIngbajo} * \text{ZIngbajo} + \text{BZIngalto} * \text{ZIngalto} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZMes} * \text{ZMes}$$

- Modelo MXL

$$V_{\text{Bus}} = \text{ASC1} + \text{Btv} * \text{bus\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{bus\_csc} + \text{BZPregrado} * \text{ZPregrado} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BZIngmedio} * \text{ZIngmedio} + \text{BZIngalto} * \text{ZIngalto} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZMes} * \text{ZMes}$$

$$V_{\text{Auto}} = \text{ASC2} + \text{Btv} * \text{auto\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{auto\_csc}$$

$$V_{\text{Metro}} = \text{ASC3} + \text{Btv} * \text{metro\_metroplus\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{metro\_metroplus\_csc} + \text{BZPregrado} * \text{ZPregrado} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BZIngmedio} * \text{ZIngmedio} + \text{BZIngalto} * \text{ZIngalto} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZMes} * \text{ZMes}$$

$$V_{\text{Taxi}} = \text{ASC4} + \text{Btv} * \text{taxi\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{taxi\_csc} + \text{BZPregrado} * \text{ZPregrado} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BZIngmedio} * \text{ZIngmedio} + \text{BZIngalto} * \text{ZIngalto} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZMes} * \text{ZMes}$$

- Modelo Híbrido

$$V_{\text{Bus}} = \text{ASC1} * \text{one} + \text{Btv} * \text{bus\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{bus\_csc} + \text{BZEdif} * \text{ZEdif} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BCom} * \text{Com\_bus}$$

$$V_{\text{Auto}} = \text{ASC2} * \text{one} + \text{Btv} * \text{auto\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{auto\_csc} + \text{BCom} * \text{Com\_auto}$$

$$V_{\text{Metro}} = \text{ASC3} * \text{one} + \text{Btv} * \text{metro\_metroplus\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{metro\_metroplus\_csc} + \text{BZEdif} * \text{ZEdif} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BCom} * \text{Com\_metro}$$

$$V_{\text{Taxi}} = \text{ASC4} * \text{one} + \text{Btv} * \text{taxi\_tv} + \text{Bc} [ \text{Bc\_S} ] * \text{taxi\_csc} + \text{BZEdif} * \text{ZEdif} + \text{BZMasc} * \text{ZMasc} + \text{BZDia} * \text{ZDia} + \text{BZQui} * \text{ZQui} + \text{BZBachiller} * \text{ZBachiller} + \text{BSeg} * \text{Seg\_taxi}$$

## 7.5 Elasticidades directas, cruzadas y valor subjetivo del tiempo

Posterior a tener los modelos, es posible con ellos calcular las elasticidades directas y cruzadas con el fin de determinar cuáles son los cambios en la demanda, producidos por un incremento del 1% en el valor de alguna variable. Para el caso de esta investigación, dado que el objetivo es determinar la influencia del precio del parqueadero en la demanda modal, la variable seleccionada es el costo.

La elasticidad directa representa el cambio en la variación de la demanda de un bien con respecto a la variación de un 1% de alguna variable explicativa, en este caso, el costo del auto. La expresión por medio de la cual se calcula la elasticidad directa es la siguiente:

$$\xi_{D_A} = \beta_C * (1 - P_A) * C \quad (7.7)$$

Donde:

$\xi_{D_A}$ : Representa la elasticidad directa del auto

$\beta_C$ : Representa el beta del costo hallado en el modelo de elección

$P_A$ : Es la probabilidad del individuo en cuestión de elegir el auto

C: Es la variación del costo con la que se desea calcular la elasticidad

La elasticidad cruzada en este caso, representa el cambio en la demanda modal de los modos diferentes al auto, cuando el costo del auto varía en un 1%. La suma de las elasticidades cruzadas, debe ser igual a la elasticidad directa, de tal manera que las demandas se distribuyan por completo en los demás modos. La expresión utilizada para calcular la elasticidad cruzada es la siguiente:

$$\xi_{C_i} = -\beta_C * P_i * C \quad (7.8)$$

Donde:

$\xi_{C_i}$ : Representa la elasticidad cruzada del modo i con respecto al auto

$\beta_C$ : Representa el beta del costo hallado en el modelo de elección

$P_i$ : Es la probabilidad del individuo en cuestión de elegir el modo i

C: Es la variación del costo con la que se desea calcular la elasticidad

Teniendo en cuenta lo explicado, la Tabla 20 contiene los valores de elasticidades directas y cruzadas halladas para el modelo híbrido, el cual demostró ser el mejor modelo:

Tabla 20. Elasticidades directas y cruzadas del modelo Híbrido

Precio horario del parqueadero		3000
Modo	Probabilidad	Elasticidad
Bus	21%	0,326
Auto	47%	-0,820
Metro_Metroplús	28%	0,431
Taxi	4%	0,063

Fuente. Elaboración Propia

Se puede observar que los signos son consistentes, una elasticidad negativa refleja que la demanda de dicho modo disminuye cuando hay un aumento en el costo del 1%, en este caso, se puede observar que un aumento del 1% en un escenario en el cual el precio del parqueadero fuera de \$3.000/h produciría una disminución de 0,820% de la demanda del mismo, además las

elasticidades cruzadas reflejan los aumentos de la demanda de los demás modos, en ese sentido, se observa que las demandas que más suben son la del Metro (0,431%) y la del Bus (0,326%).

Con respecto al valor subjetivo del tiempo, la expresión por medio de la cual se calcula es la siguiente:

$$VST = \frac{\beta_T}{\beta_C}$$

Donde:

$\beta_T$ : Es el coeficiente hallado para la variable tiempo, el cual es el mismo para todas las alternativas (7.9)

$\beta_C$ : Es el coeficiente hallado para la variable costo, el cual es el mismo para todas las alternativas

Teniendo en cuenta esto, el valor subjetivo del tiempo, utilizando el modelo híbrido, el cual también fue utilizado para hallar las elasticidades dado que es el mejor modelo, y el resultado es el siguiente:

$$VST = \frac{\beta_T}{\beta_C} = \$676,86/h$$

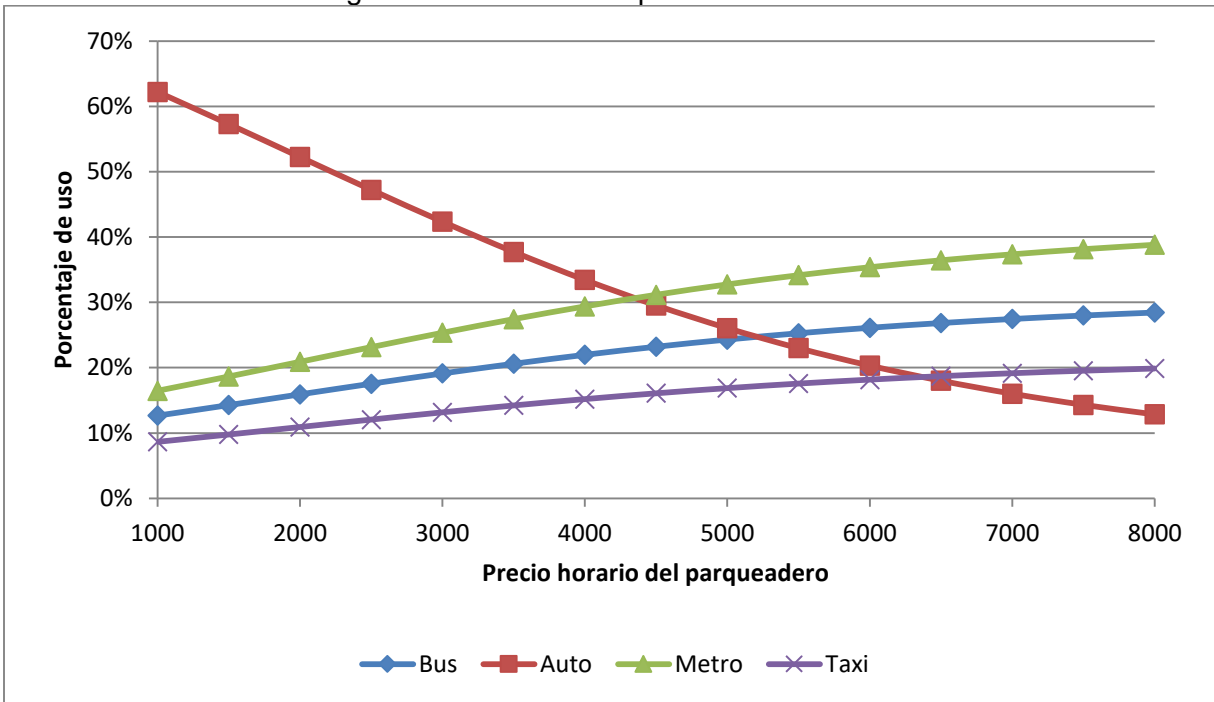
Este es un valor alto para el tiempo, sin embargo es importante tener en cuenta que todos los usuarios son conductores de auto, además de esto un 65% tiene como motivo de viaje trabajo y un 86% actualmente trabaja, lo que indica que un porcentaje muy alto tiene ingresos, además el centro de la ciudad es uno de los lugares de la ciudad con el costo de parqueadero más alto, lo que da sentido a que las personas que viajan hacia este lugar en auto, tengan valores subjetivos del tiempo altos.

## 7.6 Predicciones del modelo

Los modelos de elección discreta permiten predecir los comportamientos y cambios en las demandas futuras del transporte en el caso de aplicar una determinada política, la cual, en el caso de esta investigación, es el aumento del cobro del parqueadero, tal como se ha descrito en todo el trabajo.

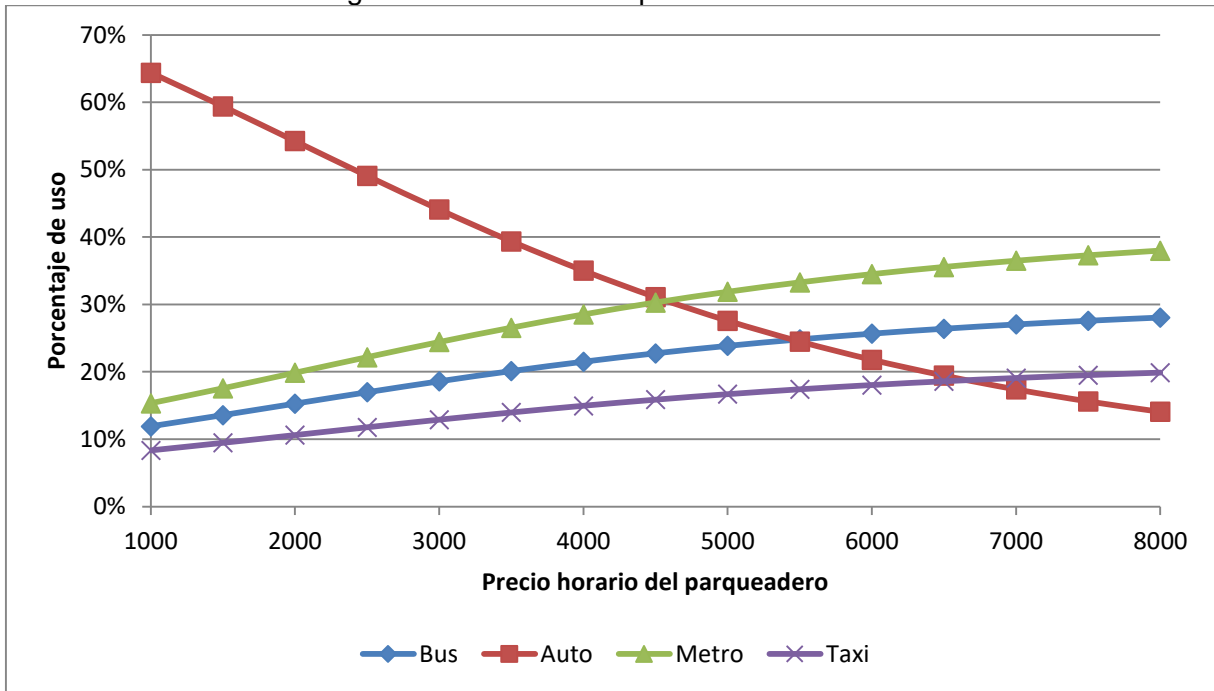
Se hizo una gráfica para cada uno de los modelos escogidos, es decir, una gráfica para el modelo Multinomial, una para el modelo Logit Mixto y una para el híbrido, en dichas gráficas se pueden observar las demandas que tendrían los modos evaluados, en el caso de tener una determinada tarifa horaria de parqueadero para toda la zona de estudio. La Figura 36, la Figura 37 y la Figura 38 muestran dichas gráficas, estas fueron calculadas realizando múltiples escenarios en los cuales el precio del parqueadero iba aumentando progresivamente, lo que hacía que la probabilidad de elección del auto disminuyera, dado el coeficiente negativo de la variable costo del auto, a la vez, dado que la sumatoria de las probabilidades debe sumar el 100%, la probabilidad de elección de los demás modos aumentaba, tal como se observa en las gráficas, siendo el metro el modo preferido para reemplazar el auto.

Figura 36. Predicciones para el modelo MNL



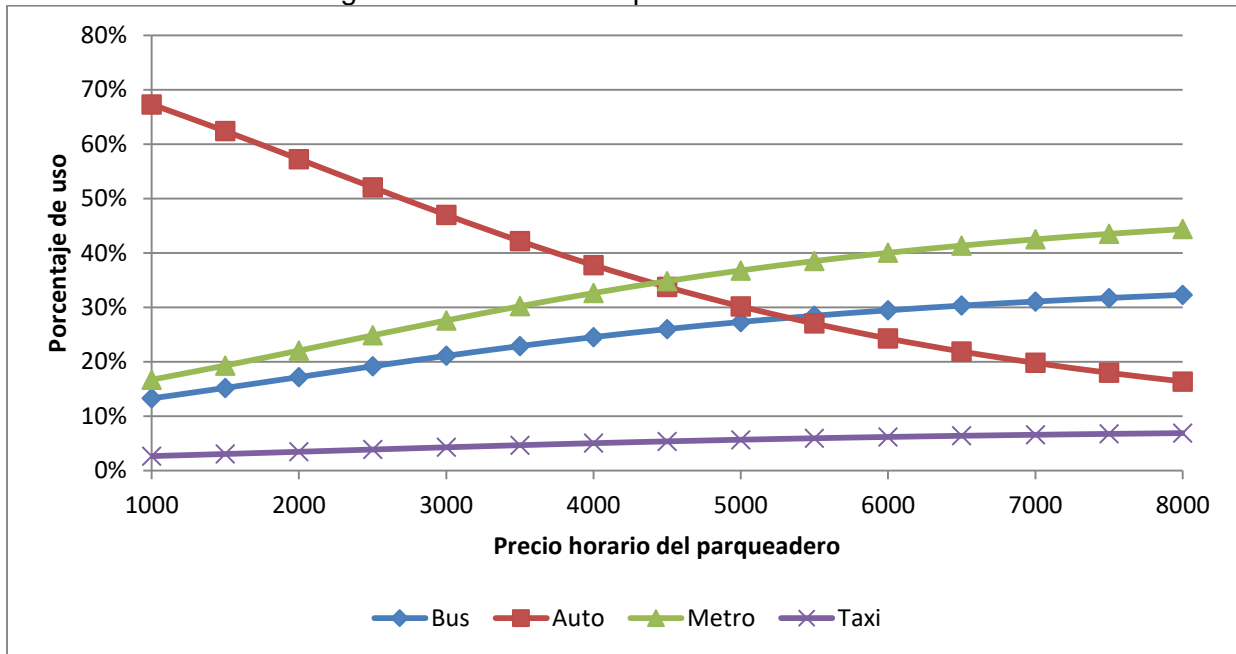
Fuente. Elaboración Propia

Figura 37. Predicciones para el modelo MXL



Fuente. Elaboración Propia

Figura 38. Predicciones para el modelo Híbrido



Fuente. Elaboración Propia

Como se puede ver los modelos son consistentes entre sí en las predicciones, teniendo tan sólo unas pequeñas diferencias con el MNL, las mencionadas diferencias pueden ser debido a que las hipótesis de los modelos MNL no se cumplen totalmente, además del peso que puede tener un determinado grupo de individuos a la hora de realizar los modelos.

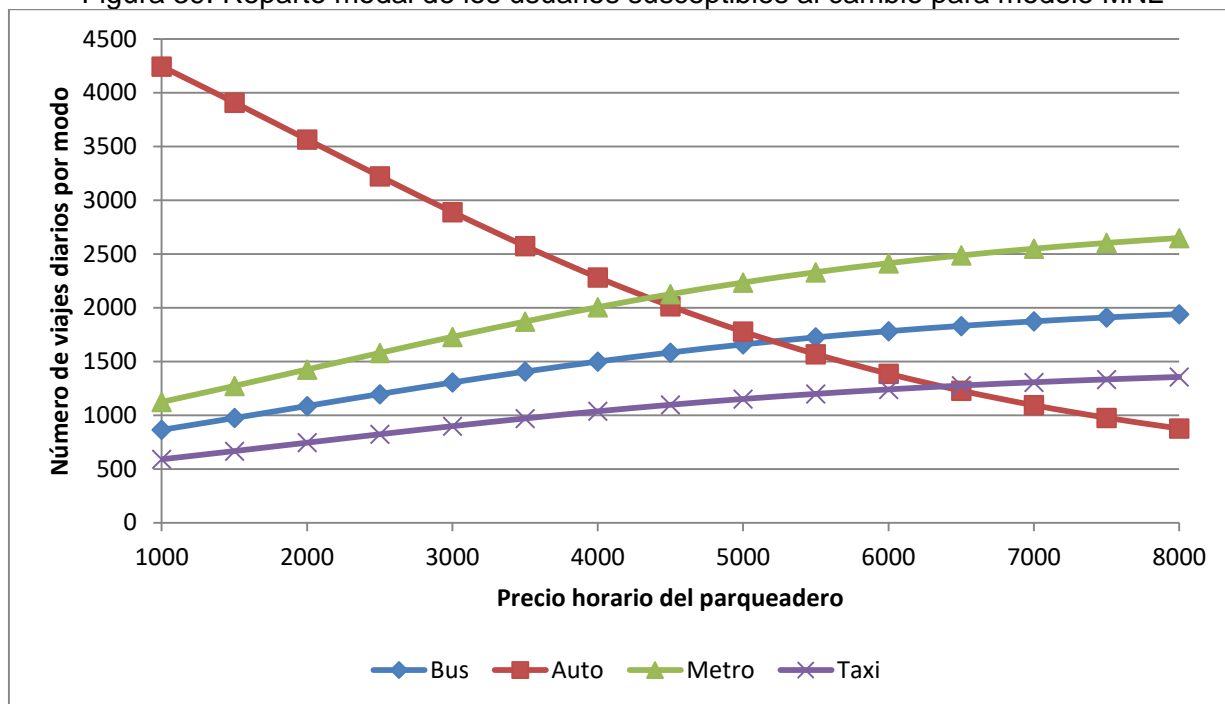
Se observa que la inclusión de las variables latentes hace que las predicciones hagan baja la decisión de cambio modal al taxi, sin embargo, no es muy fuerte el cambio que logran, esto puede explicarse por la posibilidad de los modelos sin variables latentes, de incluir dentro de las constantes modales el efecto que causan las variables latentes usadas en los modelos híbridos.

Es importante mencionar, que las gráficas mostradas no implican el total del cambio modal, pues estas afectan a una porción de la demanda actual en auto al centro de la ciudad, es decir, los modelos calculados sólo son aplicables a las personas que pagan hoy en día por su parqueadero, y que no son lexicográficos, por lo que el porcentaje de usuarios se reduce de manera importante. En total un 53% de los encuestados fue lexicográfico, adicionalmente, como se mencionó en el Capítulo 4, tan solo un 37% de los viajeros al centro en auto pagan el parqueadero, teniendo en cuenta estos dos datos, los modelos se podrían aplicar a un 19% de los viajeros en auto al centro, dado que el resto son cautivos del modo auto o no pagan actualmente. La Figura 39, la Figura 40 y la Figura 41, muestran los cálculos de los viajes realizados para cada modo teniendo en cuenta el 19% susceptible de cambio, se puede observar que por ejemplo con un cobro de \$ 4.000 por hora de parqueadero, la cantidad de viajes en auto disminuye en aproximadamente 2.000 en un día típico, lo que demuestra la importancia, además la cantidad podría ser mayor si se aplican políticas de control y prohibición de estacionamiento en vía pública que obliguen a las personas a estacionar fuera de la vía o cambiar de modo, en este sentido una pregunta que



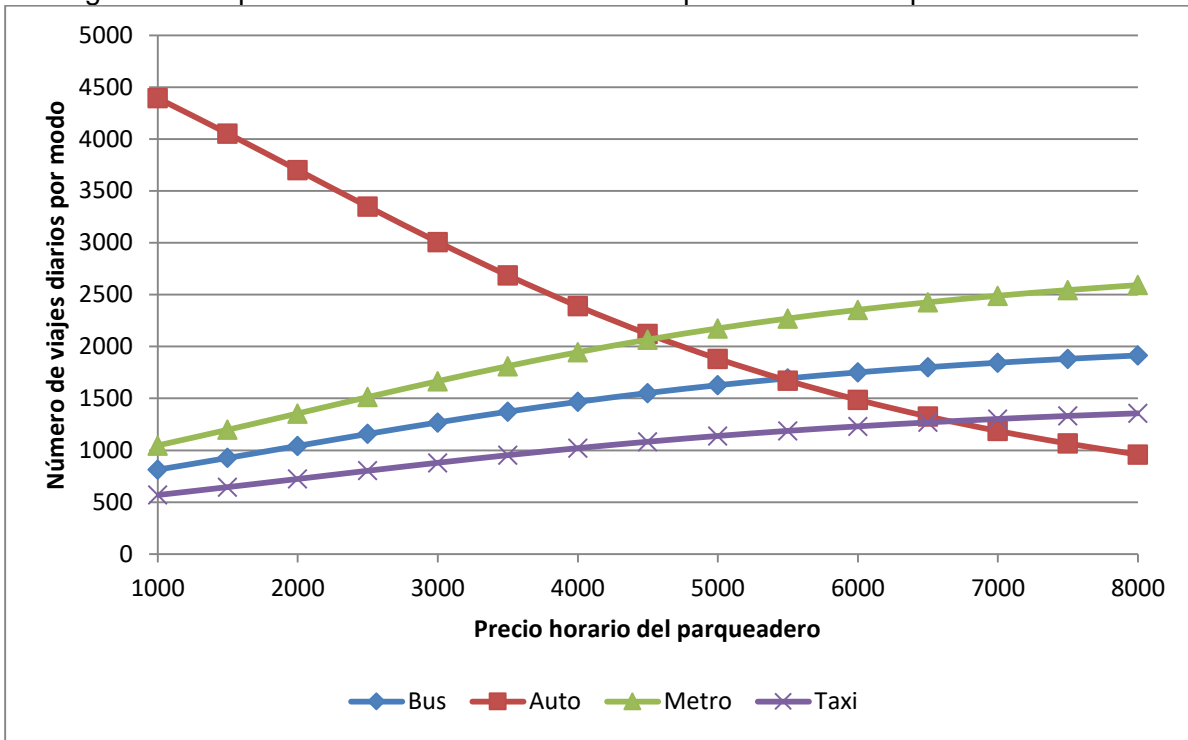
podría surgir es la cantidad de personas que podrían dejar de viajar si se da un control efectivo en la vía y si se aumentan los costos de parqueadero, sin embargo, se considera que esta cantidad debe ser muy baja, dado que los usuarios que viajan por motivo trabajo o estudio no lo pueden dejar de hacer, lo que indica que un 62% debe seguir viajando al centro sin importar si suben los precios de los parqueaderos, del porcentaje restante, un 15% viaja a realizar trámites y diligencias, que normalmente sólo pueden hacer en el centro dado que allí se encuentran entidades importantes que no se tienen en otras partes como el Centro Administrativo Municipal, por lo que es muy probable que también sigan viajando al centro, el 23% restante sería el único porcentaje factible de dejar de realizar sus viajes al centro, estas personas normalmente viajan por compras, dados los bajos precios que pueden obtener en el centro y la amplia gama de productos que pueden conseguir en un mismo lugar en el centro de la ciudad, situación especial que no se da en otros lugares de la ciudad, por lo que dadas las características especiales del centro de Medellín, la cantidad de viajeros se debe mantener muy similar a la que se presenta en la actualidad.

Figura 39. Reparto modal de los usuarios susceptibles al cambio para modelo MNL



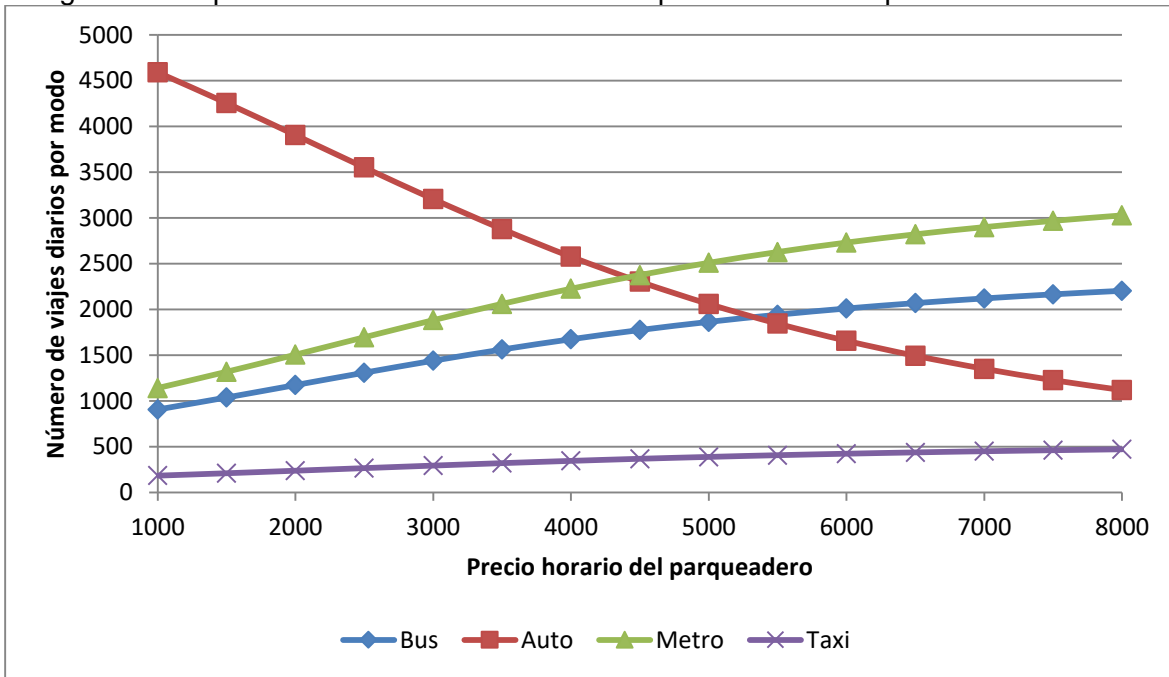
Fuente. Elaboración Propia

Figura 40. Reparto modal de los usuarios susceptibles al cambio para modelo MXL



Fuente. Elaboración Propia

Figura 41. Reparto modal de los usuarios susceptibles al cambio para modelo Híbrido



Fuente. Elaboración Propia

## 8. CONCLUSIONES

El presente capítulo presenta las conclusiones finales de la investigación, al igual que las posibles brechas de investigación que se pudieron hallar y que se consideran importantes para seguir aumentando el conocimiento del tema del transporte en lo que se refiere a aplicación de políticas de costo de parqueaderos.

### 8.1 Conclusiones y Recomendaciones

La presente investigación da luces claras y demuestra la importancia que tiene el costo del parqueadero en la decisión de utilizar el automóvil, sin embargo, hoy en día no impactaría a un gran volumen de viajes, por la cantidad de personas que parquean de manera gratuita en el centro de la ciudad. Es importante que se lleve a cabo un control estricto por parte de la Administración municipal de manera que se evite que el 63% de las personas que hoy parquean de manera gratuita o en las calles de la ciudad, no lo sigan haciendo, pues causan congestión, cuellos de botella, invasión del espacio público y todo esto se traduce en contaminación y niveles de servicio más bajos para el resto de los conductores.

Tal como lo demuestran políticas asociadas con los parqueaderos aplicadas a nivel mundial, dichas políticas tienen efectos tanto en el tráfico vehicular motorizado como en el tráfico no motorizado y en la calidad de vida en general de los ciudadanos, dados los beneficios ambientales que pueden producir que mejoran la salud pública además de los beneficios económicos que se pueden tener al aplicar políticas como los Distritos de Beneficios de Parqueaderos, que en algunos lugares como Austin, Texas, producen ingresos de aproximadamente US \$ 140.000 al año, los cuales son invertidos en mejoras a los lugares en los que se cobra por el parqueadero.

Sin duda es necesario tener una voluntad política y un marco legal fuerte que apoye el establecimiento de estas políticas, sin embargo la ciudad de Medellín ha dado los primeros pasos necesarios para lograr llevar a cabo cambios importantes en el transporte. El Acuerdo 048 de 2014 y el Plan Metropolitano de Movilidad plantean herramientas adecuadas como un inicio a la implementación de políticas de parqueaderos, sin embargo estas solamente constituyen un primer paso y tienen que ir acompañadas de otras políticas como el fortalecimiento del sistema de transporte público, de tal manera que los ciudadanos posean alternativas al vehículo particular, que les resulten igual o más útiles que los modos motorizados particulares, es fundamental cambiar el paradigma que se tiene en la ciudad acerca del uso del transporte público, en el cual se considera este de mala calidad a priori, una política que debe acompañar a la política planteada en esta investigación, es un mejoramiento integral del sistema de transporte público, pues si este sistema es renovado, con estaciones demarcadas (y respetadas por los conductores), un sistema tarifario unificado, unas frecuencias estables, una remodelación de los vehículos que presten mayor comodidad (reducción de puestos con un corredor intermedio más amplio, techos altos, sistema de cobro con tarjeta que reduzca la

interacción con el conductor, aire acondicionado, entre otros aspectos que pueden mejorar la calidad del servicio, se comenzaría a tener una mejor recepción en la comunidad, y eventualmente, a ser preferido por los actuales conductores de vehículos particulares motorizados.

Se hace necesario acompañar la política de requerimientos máximos de parqueaderos con un control estricto del parqueo en vía pública, además de controlar cualquier otro tipo de política aplicada, de esta manera se puede reducir drásticamente la congestión, además de esto es importante apoyar iniciativas privadas para la construcción de estacionamientos legales fuera de la vía que funcionen como estacionamientos comunitarios o que puedan servir para albergar vehículos en las zonas con déficit de parqueaderos.

En cuanto a los cobros que se podrían implementar por medio de zonas de estacionamiento regulado, es importante considerar que los precios de los parquímetros deben ser iguales o mayores a los de los parqueaderos fuera de vía, esto con el fin de evitar la invasión del espacio público, y equilibrar los mercados, sería bueno que en lugares en los cuales no exista déficit de parqueaderos, no existieran parquímetros, y en los lugares en los cuales actualmente existen estas zonas de estacionamiento regulado en la vía, se dieran incentivos a los constructores y administradores de parqueaderos para que construyan equipamientos de este tipo y puedan eliminarse los parquímetros.

A pesar de que se encontró que el porcentaje de lexicográficos es muy alto, es importante aclarar que puede que en la práctica disminuya cuando se apliquen las medidas de aumento de cobro, a pesar de que es muy improbable que la política afecte a todas las personas, es probable que algunas personas decidan usar el auto compartido con otros usuarios de auto, de tal manera que puedan seguir disfrutando la comodidad percibida para este modo, a un precio que resulte adecuado para ellos.

Se observó en las encuestas que la percepción de seguridad para el auto no es muy alta, a pesar de lo que se había manifestado en el grupo focal, especialmente llama la atención la percepción de seguridad entre el origen del viaje y el parqueadero, teniendo en cuenta que la mencionada percepción es de mayor inseguridad que la percepción de seguridad desde el parqueadero hasta el destino final del viaje. Esto en gran medida se puede deber a que un gran porcentaje de las personas que viaja en auto hoy en día en auto, lo hacen solamente en ese modo (84%), por lo que el destino de su viaje es adentro del edificio al que se dirigen o a una distancia muy corta, lo que hace que las personas se puedan preocupar más por el trayecto en el auto, que por la corta o nula distancia que tienen que caminar desde el parqueadero hasta su destino final.

Los modelos hallados no comienzan estrictamente desde el 100% en los precios promedios horarios que hoy se tienen para el centro, la explicación a esto es que existe una gran cantidad de personas (59%) que pagan tarifas mensuales, lo cual implica tarifas horarias mucho más bajas de las que se tienen contempladas (hasta quinientos pesos por hora (\$ 500 / h)).

Según los resultados obtenidos de los modelos, las personas migrarían en una mayor proporción a los modos masivos o colectivos, como lo son el Metro o el Bus, por tal motivo, es fundamental

incentivar a las personas no sólo con políticas de aumento en los cobros del automóvil, sino con mejoras en el servicio y la flota del transporte público, aumentando la cobertura y haciendo mejores las calidades que los indicadores de percepción de comodidad y seguridad mostraron que tienen deficiencias en el transporte público. Es fundamental que la ciudad avance hacia un modelo de transporte público totalmente integrado, tanto tarifaria, como físicamente, aumentando la comodidad de los usuarios.

Esta investigación respalda el enfoque de que no existe una única solución para mejorar el transporte y solucionar las problemáticas de movilidad, sino que la aplicación de un conjunto de soluciones, pueden mejorar las condiciones críticas que se tienen en algunos lugares de la ciudad. El aumento en el cobro de parqueadero, debe ir acompañado con medidas como la promoción del transporte público, del transporte no motorizado, el aumento en la calidad y cantidad de andenes y de troncales de transporte masivo de alta y mediana capacidad, las campañas educativas sobre la movilidad y el medio ambiente y un control del tránsito estricto ayudado por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

## **8.2 Investigaciones futuras**

Se considera que quedan brechas importantes por investigar, en primer lugar, es importante realizar este estudio en otras zonas de la ciudad, de manera que se pueda analizar la influencia del cobro del parqueadero como política en toda la ciudad para mejorar la movilidad.

Esta investigación tuvo enfoque en los usuarios actuales de auto, dado que se consideró que con este tipo de usuarios, se tenía un alcance suficientemente profundo y una cantidad de variables considerable que se ajustaba a la complejidad buscada, sin embargo es interesante plantear una investigación similar para los usuarios de moto, los cuales cada día tienen una proporción mayor en la distribución modal de la ciudad y se están viendo involucrados en una gran cantidad de accidentes, lo que hace que sea de gran importancia para la ciudad, establecer medidas que puedan ayudar a controlar de manera efectiva esta problemática tanto de salud como de movilidad.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- A & A *Restriping*. (15 de 8 de 2016). Obtenido de [http://www.aarestriping.com/images/no\\_parking.JPG](http://www.aarestriping.com/images/no_parking.JPG)
- Agency, B. N. (s.f.). *BBC Web Site*. Obtenido de [http://news.bbc.co.uk/local/surrey/hi/people\\_and\\_places/newsid\\_8870000/8870625.stm](http://news.bbc.co.uk/local/surrey/hi/people_and_places/newsid_8870000/8870625.stm)
- Anderson, S., & Palma, A. d. (2004). The economics of pricing parking. *Journal of Urban Economics*, 1-20.
- Arbeláez Arenas, Ó. E. (2015). *Modelación de la elección de la bicicleta pública y privada en ciudades*. Medellín.
- Arbuckle, J. L. (2014). Amos V 23.0 [Programa de computador].
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2012). *Encuesta Origen - Destino a hogares del Valle de Aburrá*. Medellín.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2009). *Plan maestro de movilidad*. Medellín: Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Arellana Ochoa, J. A. (2014). *Introducción al Analisis de Sistemas de Transporte*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Arnott, R., & Inci, E. (2010). The stability of downtown parking and traffic congestion. *Journal of Urban Economics*, 260-276.
- Arnott, R., & Rowse, J. (1999). Modeling parking. *Journal of Urban Economics* 45, 97-124.
- Arnott, R., & Rowse, J. (2009). Downtown parking in auto city. *Regional Science and Urban Economics*, 1-14.
- Arnott, R., Inci, E., & Rowse, J. (2015). Downtown curbside parking capacity. *Journal of Urban Economics*, 83-97.
- Barter, P. (2012). Off-street parking policy surprises in Asian cities. *Cities*, 23-31.
- Bartlett, J., Kotrlik, J., & Higgins, C. (2001). Organizational Research: Determining Appropriate Sample Size in Survey Research. *Information, Technology and Performance Journal*.
- Ben Akiva, M., & Lerman, S. (1985). *Discrete Choice Analysis. Theory and Application to Travel Demand*. Cambridge: The MIT Press.
- Ben-Akiva, M., & Boccara, B. (1995). Discrete choice models with latent choice sets. *International Journal of Research in Marketing*, 12(1), 9-24.

- Boschveld Nieuws*. (s.f.). Obtenido de <http://www.boschveld.nl/2011/03/26/lockngo-lijkt-geen-succes/>
- Bournemouth Borough Council*. (s.f.). Obtenido de <http://www.bournemouth.gov.uk/StreetsTransport/Parking/Parking-Restrictions-Contraventions/HowNotToBeIssuedWithAPenaltyChargeNoticeOnStreet.aspx>
- Bowman, J., & Moshe, B. (2001). Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research Part A*.
- Caicedo, F. (2005). *Gestión de aparcamientos subterráneos*. Barcelona: Universidad polytecnica de Catalunya.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y aplicaciones*. Ciudad de México: Alfaomega grupo editor.
- Calthrop, E., & Proost, S. (2006). Regulating on-street parking. *Regional Science and Urban Economics*, 29-48.
- Cervero, R. (1998). *The Transit Metropolis*. (I. Press, Ed.) 169.
- City of New Haven Connecticut*. (s.f.). Obtenido de <http://www.cityofnewhaven.com/TrafficParking/parkingvouchers.asp>
- Congreso de Colombia. (16 de Marzo de 2010). *Alcaldía de Bogotá*. Recuperado el 14 de Marzo de 2014, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39180>
- Córdoba, J. E. (2011). The Selection of a Mode of Urban Transportation - Integrating Psychological Variables to Discrete Choice Models. *DYNA*, 78(170), 98-105.
- Córdoba, J. E. (2014). Automatic preferences in the choice of transport mode. *Congreso de ingeniería de transporte*. Santander, España.
- Daganzo, C. (1979). *Multinomial Probit: The Theory and Its Application to Demand Forecasting*. Nueva York: Academic Press.
- Domencich, T., & McFadden, D. (1975). *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*. Amsterdam: North-Holland Publishing.
- Domenech, T., & McFadden, D. (1972). *A Disaggregated Behavioral Model of Urban Travel Demand*. Cambridge.
- Economía Web Site*. (s.f.). Obtenido de <http://www.economia.ws/oferta-y-demanda.php>
- EPFL. (18 de Octubre de 2014). *BIOGEME*. Obtenido de <http://biogeme.epfl.ch>

- Espino Espino, R., Ortúzar, J., & Román García, C. (2005). Obtención de disposiciones a pagar por categorías socioeconómicas en un contexto de elección modal. *XXX Simposio de Análisis Económico*.
- Foerster, J. (1979). Mode choice decision process models: a comparison of compensatory and non-compensatory structures. *Transportation Research A*, 17-28.
- Greater London Authority. (16 de 8 de 2016). *Transport for London*. Obtenido de <https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge>
- Guía para grupos focales, C. u. (5 de Noviembre de 2 013). *Guía para grupos focales*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/consultoriauniversidad/grupos-focales-2772980>
- Guo, Z. (2013). Home parking convenience, household car usage, and implications to residential parking policies. *Transportation Policy*, 97-106.
- Guo, Z., & McDonnell, S. (2013). Curb parking pricing for local residents: An exploration in New York City based on willingness to pay. *Transport Policy*, 186-198.
- Highmotor*. (s.f.). Obtenido de <http://www.highmotor.com/mas-semafaros-con-camaras-y-radares-en-barcelona-y-madrid.html>
- Holguín-Veras, J., Yushimito, W., Aros-Vera, F., & Reilly, J. (2012). User rationality and optimal park-and-ride location under potential demand maximization. *Transportation Research B*, 949-970.
- Honda. (s.f.). *Honda Web Site*. Obtenido de <http://www.honda.com/newsandviews/article.aspx?id=276-en>
- Hymel, K. (2014). Do parking fees affect retail sales? Evidence from Starbucks. *Economics of Transportation*, 221-233.
- Inci, E., & Lindsey, R. (2015). Garage and curbside parking competition with search congestion. *Regional Science and Urban Economics*, 49-59.
- Ison, S., & Wall, S. (2002). Attitudes to traffic-related issues in urban areas of the UK and the role of working place parking charges. *Elsevier Science*, 21-28.
- Kelly, J., & Kelly, J. (2006). Influence of varied parking tariffs on parking occupancy levels by trip purpose. *Transport Policy*, 487-495.
- Kocur, G., Adler, T., Hyman, W., & Aunet, B. (1982). *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment. Report No. UMTA-NH-11-0001-82*. Urban Mass Transportation Administration. US Department of Transportation, Washington, DC.
- Krueger, R. A. (1991). *Focus groups: A practical guide for applied research*. Sage, California: Beverly Hills.



- Lam, W., Li, Z.-C., Huang, H.-J., & Wong, S. (2006). Modeling time-dependent travel choice problems in road networks with multiple user classes and multiple parking facilities. *Transportation Research B*, 368-395.
- Leephakpreeda, T. (2007). Car-parking guidance with fuzzy knowledge-based decision making. *Building and Environment*, 803-809.
- Litman, T. (2006). *Parking Management Best Practices*. APA Planners Press.
- London Council. (s.f.). Obtenido de <http://www.londoncouncils.gov.uk/policylobbying/transport/parkinginlondon/parking-band-map.htm>
- Marcucci, E., Gatta, V., & Scaccia, L. (2015). Urban freight, parking and pricing policies: An evaluation from a transport providers' perspective. *Transportation Research A*, 239-249.
- Marsden, G. (2006). The evidence base for parking policies - a review. *Transport Policy*, 447-457.
- McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. *Frontiers in Econometrics*, 105-142.
- Medellín Inteligente. (21 de 8 de 2015). *MDE Inteligente*. Obtenido de MDE Inteligente: <http://www.mdeinteligente.co/estrategia/wp-content/uploads/2015/03/piramide-prioridad-calles.png>
- Medellín, M. d. (2014). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Medellín.
- Ministerio de Transporte. (2013). *Plan nacional de seguridad vial - Colombia*. Bogotá.
- Moreno, D. P. (2008). *El Problema de la Movilidad en Campus Universitarios. Caso aplicado: Universidad de Antioquia*. Tesis de maestría, Univ. Nal. de Colombia, Esc. Ing. Civil, Medellín.
- My Parking Sign. (15 de 8 de 2016). Obtenido de <http://www.myparkingsign.com/MPS/30-Minute-Parking-Sign/SKU-K-5704.aspx>
- NEDAP Identifications Systems. (s.f.). Obtenido de <http://www.nedapidentification.com/solutions/cases/parking-technology-that-makes-sense.html>
- Noe Valley SF. (s.f.). Obtenido de <http://noevalleysf.blogspot.com/2009/04/street-cleaning-win-some-lose-more.html>
- Ortuzar, J. D. (2000). *Modelos de Demanda de Transporte*. Alfaomega.
- Ortúzar, J. D., & Román, C. (2003). El problema de modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte. *EURE*, 29, 149-171.

- Ortúzar, J. d., & Willumsen, L. G. (2001). *Modelling Transport*. WILEY.
- ParkWhiz. (s.f.). *West Coast Parking Systems*. Obtenido de <http://www.parkwhiz.com/p/los-angeles-parking/1645-wilcox-ave/>
- Planetizen. (22 de 8 de 2016). Obtenido de Planetizen: <http://www.planetizen.com/node/85716/30-story-mixed-use-tower-planned-downtown-austin%E2%80%94without-parking>
- República, C. d. (2010). *Ley 1383*.
- Reyes, T. (2000). *Métodos cualitativos de investigación: los grupos focales y el estudio de caso*. Universidad de Puerto Rico.
- Roth, G. (1965). Paying for parking. *Hobart Paper* 33.
- Rye, T., & Ison, S. (2005). Overcoming barriers to the implementation of car parking charges at UK workplaces. *Elsevier Science*, 57-64.
- Rye, T., Cowan, T., & Ison, S. (2006). Expansion of a Controlled Parking Zone (CPZ) and its influence on Modal Split: The case of Edinburgh. *Transportation Planning and Technology*, 75-89.
- Rye, T., Hunton, K., Ison, S., & Kocak, N. (2008). The role of market research and consultation in developing parking policy. *Transport Policy*, 387-394.
- San Francisco Municipal Transportation Agency. (21 de 1 de 2016). Obtenido de <http://www.sfmta.com/services/permits-citations/parking-permits>
- Shifftan, Y., & Bur - Eden, R. (2001). Modeling the Response to Parking Policy. *Transportation Research Board*, 27-34.
- Shifftan, Y., & Rossi, T. (1997). Tour Based travel demand modeling in the U.S. *Transportation Research Board*.
- Shoup, D. (1997). Evaluating the effects of cashing out employer-paid parking; eight case studies. *Transport Policy* 1, 201-216.
- Shoup, D. (2011). *The high cost of free parking*. Chicago: Planning Press.
- Simicevic, J., Vucanovic, S., & Molosavljevic, N. (2013). The effect of parking charges and time limit to car usage and parking behaviour. *Transport Policy*, 125-131.
- Spiliopoulou, C., & Antoniou, C. (2012). Analysis of illegal parking behavior in Greece. *Procedia - Social and Behavior Sciences*, 1622-1631.
- Steiner, K. (1965). *Local Government of Japan*. Stanford: Stanford Press.

- Teixin, Z., Miaomiao, C., & Ze, M. (2012). The Model of Parking Demand Forecast for the Urban CCD. *Energy Procedia*, 1393-1400.
- The city of Houston*. (22 de 8 de 2016). Obtenido de The city of Houston: <http://www.houstontx.gov/parking/washingtonavenue.html>
- Topp, H. H. (1993). Parking policies in large cities in Germany. *Transportation*, 3-21.
- Train, K. (2002). *Discrete Choice Methods with Simulation*. UK: Cambridge University Press.
- Train, K., & McFadden, D. (2000). Mixed MNL Models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics*, 447-470.
- Transport Styrelsen. (15 de 8 de 2016). *Transport Styrelsen*. Obtenido de <http://www.transportstyrelsen.se/en/road/Congestion-taxes-in-Stockholm-and-Goteborg/>
- Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Estudio de Viabilización para la Implementación del Sistema de Cobro por Congestión de la Ciudad de Medellín. Fase I*. Medellín.
- Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Estudio de políticas de movilidad en el centro de la ciudad de Medellín*.
- Urobotica. (16 de 8 de 2016). *Urobotica*. Obtenido de <http://www.urbotica.com/en/ejemplos-smart-cities/traffic-mobility-management-nice/>
- Usefull App*. (s.f.). Obtenido de <http://usefulapp.com/reviews/reduce-your-parking-costs-by-being-online/>
- Van der Waerden, P., Borgers, A., & Timmermans, H. (2006). Attitudes and Behavioral Responses to Parking Measures. *EJTIR*, 301-312.
- Van Ommeren, J., Derk, W., & Dekkers, J. (2008). The real price of parking policy. *Journal of Urban Economics*, 25-31.
- Van Ommeren, J., Wentink, D., & Rietveld, P. (2012). Empirical evidence on cruising for parking. *Transportation Research A*, 123-130.
- Vehicles, C. D. (s.f.). *California Driver Handbook - Parking*. Obtenido de <http://apps.dmv.ca.gov/pubs/hdbk/parking.htm>
- Wang, R., & Yuan, Q. (2013). Parking practices and policies under rapid motorization: The case of China. *Transport Policy*, 109-116.
- Williams, H. (1977). On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Environ Plan*, 9A, 167-219.
- Wilson, R. W. (1992). Estimating the travel and parking demand effects of employer-paid parking. *Regional Science and Urban Economics*, 133-145.

Yáñez, M. F., Raveau, S., & Ortúzar, J. D. (2010). Inclusion of latent variables in Mixed Logit models: Modelling and forecasting. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(9), 744-753.

Zakharenko, R. (2016). The time dimension of parking economics. *Transportation Research B*, 211-228.

## Anexo 1. Transcripción del grupo focal

### ESTUDIO:

Evaluación de políticas de parqueaderos para el centro de Medellín.

### OBJETIVOS DEL GRUPO FOCAL:

- Conocer la opinión de los usuarios de automóvil acerca de los parqueaderos del Centro de Medellín.
- Identificar las principales variables que inciden en la elección del modo auto relacionadas con los parqueaderos.

Participantes:

- **Diego León Holguín:** Trabaja con el municipio de Medellín, es Personero Delegado, con la personería trabaja hace más de 10 años y es profesor docente en la Universidad de Medellín.
- **Cesar Chavarría:** Ingeniero Civil, trabaja con el municipio de Medellín en el tema de transportes y es docente en la Universidad Nacional.
- **Carlos Quiroz:** Es director administrativo de la empresa Codiempack, es una comercializadora de insumos para codificación de empaques de alimentos, es Administrador de Negocios.
- **Daniel Ramírez:** Ingeniero de Transporte del Metroplús, actualmente se encuentra realizando la maestría en la Universidad Nacional.
- **Pablo Guerra:** Es comerciante
- **Luz Marina Duque:** Se dedica al transporte Escolar.
- **Daniela:** Comunicadora y moderadora
- **Juan Diego:** Observador
- **Jerónimo:** Observador

**Presentación:**

**-Daniela:** Buenas noches, me presento, yo soy Daniela García y soy la comunicadora que va a moderar este encuentro, el cual hace parte del estudio de Evaluación de políticas de parqueaderos para el centro de Medellín.

Bueno, entonces comencemos con las preguntas del Grupo Focal:

1. ¿Por qué motivo viaja en auto al centro y no en otro modo? ¿Con qué frecuencia lo hace? ¿Viaja solo o acompañado? ¿Cuánto se demora normalmente viajando y buscando parqueadero?

**-Diego:** viajo al centro en auto y no en otro modo, más que todo por comodidad, porque desde mi casa a donde trabajo que es el centro administrativo la Alpujarra, es relativamente muy cerca y me demoro... me gusta madrugar mucho y me demoro 15 minutos o 10, desde La Castellana que es donde vivo. Viajo casi siempre solo y lo hago todos los días. Viajando me demoro más o menos 15 minuticos y el parqueadero es fácil porque cuando llego madrugo mucho por la mañana y por la tarde a veces salgo un poquito tarde, entonces encuentro parqueadero muy fácil porque al lado del Centro Administrativo la Alpujarra está el parqueadero de Corpaul s el nuevo de la plaza de la libertad, bastante grande, con mucha capacidad.

**-Daniela:** ¿A qué hora es por la mañana?

**-Diego:** a las 6 a.m.

**-César:** eh... yo viajo todos los días en carro, de lunes a viernes, siempre viajo en el carro, el tiempo de viaje es de aproximadamente 15 minutos. Salgo desde acá desde la Universidad, yo vengo a dar clase aquí a las 6 a.m. y termino a las 8:30 a.m. y de ahí me voy hacia el centro. Problema para encontrar parqueadero no tengo, siempre está el parqueadero ahí donde yo trabajo, viajo solo. Uso el carro por la comodidad, viajar en el carro es mucho más cómodo, es más rápido, es mucho más rápido que viajar en bus y me gusta más en el carro.

**-Carlos:** bueno, yo viajo al centro aproximadamente dos veces a la semana para visitar clientes, están casi siempre en la misma zona. Viajo en carro por necesidad, porque yo soy la parte comercial de la empresa y mantengo insumos y alguna que otra maquinaria no tan pesada y necesito tener medio de transporte para llevarlo. Viajo solo. La empresa está en Belén San Bernardo, viajo por los lados de La Alpujarra, me estoy demorando entre 15 y 20

minutos. Conseguir parqueadero es fácil porque en la zona del parque de las luces hay 3 grandes parqueaderos. No me demoro para conseguir parqueadero porque en esa zona hay buena cobertura de parqueaderos.

**-Daniel:** eh... yo viajo al centro en carro por comodidad, yo viajo todos los días al centro, a veces no por los días que tengo pico y placa, aunque esos días madrugo más y me vengo más temprano del trabajo por la tarde. Viajo solo. No tengo problema para encontrar parqueadero porque es un parqueadero privado y lo pago por mes entonces y ahí está disponible las 24 horas. El tiempo de viaje depende, hay veces que me demoro 15 minutos, otras veces 25, viajo desde Los Colores.

**-Pablo:** bueno, yo viajo más o menos 1, 2, 3 veces por semana al centro por consecución de insumos que necesito. Me demoro más o menos depende del taco porque vivo en Robledo entonces viajar por la carretera normal se ha vuelto muy tedioso, como me puedo demorar 20 minutos, se puede demorar uno 40 o 1 hora. En el centro ya pues no hay problema con los parqueaderos porque también en el sector de Guayaquil hay muchos parqueaderos. Lo hago por comodidad y necesidad porque necesito mover las cosas en el carro.

**-Daniela:** ¿Viaja solo?, Cuando tiene esos tacos en los que se demora tanto, ¿a qué hora es? ¿Horas pico?

- **Pablo:** viajo solo. Los tacos son entre las 6 a.m. y más o menos las 8:30 a.m.

**-Luz Marina:** bueno, yo viajo por ahí cada 15 o 20 días al centro, yo sí encuentro problema al parquear porque yo tengo una buseta de transporte escolar y sí he llegado muchas veces a no encontrar, no cabe el carro, entonces me ha tocado dar vueltas buscando donde parquear.

**-Daniela:** ¿Es en parqueadero o en otro lugar?

**-Luz Marina:** sí, en parqueadero, y sí hay problema porque ocupo mucho espacio y cuando viajo, viajo sola al centro. Me toca buscar otro, porque a la hora que yo tengo tiempo es cuando el centro está más lleno, en las horas de la tarde después de las 4 p.m. mucha congestión, yo vivo en el poblado y me puedo demorar 20 minutos o 45 minutos y otros 10 o 15 en encontrar parqueadero, desde la casa al centro me demoro por ahí 20 minutos.

**-Daniel:** yo quisiera agregar algo... en la tarde sí me demoro mucho más volviendo del trabajo a la casa, por ahí media hora, 45 minutos, a veces mucho más, pues.. Porque el taco en lo que es la Iguaná es muy... pues los semáforos se demoran muy poco y toca esperar mucho ahí.

**-Diego:** yo también quiero agregar algo, en referencia a las horas de la tarde, cuando uno vuelve a las 2 p.m. por ejemplo y hay eventos en el centro de convenciones o eventos en el centro administrativo la Alpujarra, a esa hora sí es difícil encontrar parqueadero, uno se puede demorar para entrar por ahí hasta 20 minutos, haciendo una fila para poder entrar pues y de muchos parqueaderos por ahí y de cercanía con la alpujarra.

**-Daniela:** ¿Más o menos cuánto se demorar en encontrar parqueadero para carro grande?

**-Luz Marina:** pues... más o menos... por ejemplo la semana pasada me demore pues... encontré uno muy pequeñito porque lo necesitaba pero hay veces que toca visitar 2 o 3 parqueaderos, por ejemplo por la Cascada, no me dejan entrar porque no quepo-

**-Pablo:** en los de Corpaul yo creo que sí es más fácil porque ahí hay más espacio.

**-Diego:** pero como te digo si es por ahí a las 4p.m. y hay algún evento, sí es muy difícil poder encontrar, por ejemplo Colombia-Moda, es muy difícil conseguir un parqueadero a pesar de que es tan inmenso porque eso es muy grande, eso tiene 6 niveles.

2. ¿Qué piensa de los parqueaderos en el centro de la ciudad? (cantidad, calidad, precio, facilidad de acceso, comodidad, seguridad)

**-Diego:** yo pienso que son muy caros, que son supremamente costosos, eh... no sé si es una táctica de los parqueaderos el decir que no hay mensualidades, yo llevo como 3 años bregando a tratar de conseguir una mensualidad en el parqueadero de Corpaul y nunca la hay, entonces siempre tiene que pagar uno diario y es mucho más costoso el me sale a \$12 400 en este momento.

**-Daniela:** ¿Y en otros aspectos? Comodidad, llegada, acceso...

**- Diego:** sí... es cómodo es un parqueadero muy cómodo, muy bien vigilado, es bien.



**-Pablo:** yo pienso que ese costo de los parqueaderos en el centro es más bien como una selección, para los propietarios de los almacenes y todas esas cosas por ahí que están como en más capacidad de pagar esos parqueaderos y seleccionan y la gente del común pues que tiene carro, no le gusta pagar \$4 000 por una hora, entonces es como una selección ahí de gente pudiente.

**-Cesar:** bueno, el parqueadero en el centro es costoso, yo pago \$15 000 diarios o cuando pago la mensualidad, pago \$200 000 el mes y yo voy como 20 días al mes al centro, entonces me sale como a \$10 000, pero si uno empieza a hacer cuentas de los buses o los buses que uno tendría que tomar si no tuviera carro y eso, pues a mí me sale prácticamente igual y la comodidad del carro, pues justifica, digamos, si yo no me voy en el carro, me toca coger en el día alrededor de 6, 7 buses, me tocaría coger 2 buses por la mañana, después dos para ir al centro, luego para venir acá, entonces uno hace cuentas, y no tiene sentido, además todo el tiempo que me ahorro en no coger buses, en las caminadas para venir al bus... es costoso pero uno también tiene que mirar el caso de la persona.

**-Daniela:** ¿y en otros aspectos además del costo?

Es bueno, por ejemplo donde yo parqueo que es en el centro comercial Gran Plaza, pues la entrada es en forma de espiral pero uno ya después se va acostumbrando, las primeras tres semanas mientras uno aprende, es maluco pero ya después uno se acostumbra y el parqueadero es bueno, las celdas son amplias, aunque parquean mucha camioneta, entonces uno a veces se siente estrecho, entonces trato de buscar columna para tener más espacio.

**-Pablo:** pero también hay otros que muy favorables por ejemplo en pichincha con Tenerife, hay uno que es a \$2.700, es amplia, a la vuelta hay otro, el de Cundinamarca con la Avenida de Greiff, es uno de Corpaul también grande es a \$2.400 la hora.

**-Cesar:** sí, pero como uno está todo el día... uno está más de 5 horas, entonces...

**-Pablo:** pero el día allá sale a \$10.000

**-Cesar:** el único que sale es el de Gran Plaza, que a 10.000 me sale y estoy donde trabajo

**-Diego:** no, y a uno sí le dicen, vea en tal parte hay uno que es bueno y es más barato y todas las cosas, pero uno también como de la comodidad de salir y encontrar su parqueadero ahí...

**-Cesar:** yo digamos me bajo del piso 5to. Cojo el ascensor, llego al 12 y ahí estoy... entonces no me toca caminar, con el computador, con las cosas, estoy ahí mismo.

**-Diego:** yo por el mismo parqueadero tengo acceso a la oficina.

**-Cesar:** si... entonces uno queda mucho más cómodo así.

**-Daniela:** en ese sentido es pro comodidad, pero digamos ¿qué opinan de otros parqueaderos del centro, así no sean clientes tan asiduos?

**-Cesar:** bien, yo por ejemplo, antes parqueaba en otro parqueadero, cuando apenas estaba aprendiendo a manejar entonces me daba miedo subir por la espiral, un parqueadero sencillo, también era cómodo, normal, el precio era prácticamente el mismo, pero bien, normal.

**-Pablo:** porque subiendo también por Amador, ahí por donde era Jhon Restrepo, también hay un buen parqueadero, es cómodo y relativamente se mantiene vacío.

**-Carlos:** sí, ahí es donde yo parqueo siempre, se mantiene muy vacío, que hay una universidad ahí, creo que una sede de la autónoma, es muy favorable.

**-Cesar:** sí, pero entonces uno en el centro también busca que el parqueadero le quede cerca de donde uno esta, para que no le toque lluvia, para que no le toque caminar, uno busca estar lo más cerca posible

**-Carlos:** no pues yo para la comodidad del parqueadero por ahí en la misma zona, busco que este cerca de los clientes, porque como tengo la mercancía ahí, que no me toque transportarla mucho trayecto, eh... parqueaderos, como ustedes decían ese por ahí, es muy grande, es cómodo, los otros a veces lo que me he encontrado ahí es que a veces está muy lleno y me piden las llaves, entonces eso si no me gusta porque el carro se mantiene con mercancía entonces no puedo.. Pues me limita mucho a dejar las llaves. Pero en precio, yo por lo general estoy máximo 2 horas, entonces en ese lado no me da tan duro porque no estoy todo el día.

**-Daniela:** ¿en general los demás parqueaderos? ¿Sos cliente de alguno fijo o buscas los que te queden más cerca?

**-Carlos:** el de Gran Plaza o el de la Gran Esquina, son como los más fijos que uso porque por ahí están casi todos mis clientes, entonces es por la comodidad. El que usted decía de Tenerife por Cúcuta, que es de un piso no más, ese casi no me gusta y no lo uso mucho porque siempre está muy lleno, ese me quedaría de papayita porque no es sino una cuadrita pero me toca dejar las llaves, entonces no. En general trato de utilizar solo esos dos parqueaderos por la comodidad y el costo porque son como \$2.800 o \$3.000 y estoy máximo 2 horas, bien.

**-Pablo:** de pronto una observación, de pronto en las horas pico, si es mejor dejar el carro en el taller y bajar en bus, porque si uno va por ejemplo a la zona de maderas, a comprar y a cortar, se puede demorar 4-5 horas y entonces en ese caso si es mejor dejar el carro y venirse en taxi o en bus y listo.

**-Carlos:** últimamente he utilizado el Metroplús porque me queda cerquita a la oficina la estación y me deja digamos relativamente también cerca cuando no tengo un pedido grande y es horas pico.

**-Daniel:** a mí me sale económico, pago una mensualidad son \$110.00 ahí en la zona de Maracaibo con la oriental, hay varios parqueaderos que son privados y pues cobran es según el piso, entre más abajo, mas cobran, empieza como en 120 o 140, hasta 80 en los últimos pisos. Antes que no tenía la mensualidad, ahí a la vuelta había un parqueadero que también es económico porque cobra 3.300 cada 4 horas, entonces pasadas cada 4 horas, uno va y renueva, entonces te sale barato y por ese lado no veo problema

**-Daniela:** y ¿qué opina en general de los parqueaderos del centro?

**-Daniel:** no pues a mí en general me parece bien, en la zona donde estoy son amplios, nunca están tan llenos ya hora que tengo el privado no hay problema

**-Cesar:** yo quiero decir algo, a mí me parece que el personal que trabaja en los parqueaderos es bueno, uno ve que siempre hay personas que están todo el día pasando por todas las celdas, mirando que los carros estén bien, no es que solo hay una persona en la entrada que

te cobre y ya, en cada piso de los parqueaderos hay personas caminando observando que por ejemplo alguien no vaya a chocar a uno, ayudándolo a parquear a uno.

**-Pablo:** yo tengo una pregunta, ¿no hay un control de precios para los parqueaderos aquí en Medellín? Porque yo veo que son arbitrarios, unos cobran \$3.800, unos cobran \$2.500... y no hay un estándar.

**-Jerónimo:** no, la verdad no hay control de precios, solamente hay control en cuanto a tiempo, que después de la primera hora no pueden cobrar horas sino periodos de tiempo, pero en cuanto a precios, no lo hay.

**-Pablo:** pero sí debería haber algo así, como en Bogotá, no lo cumplen, pero lo hay

**-Daniel:** pues yo considero que pedir lo que hicieron en Bogotá nos saldría antes peor, porque eso solo subió los precios, en Bogotá subieron demasiado los precios, cobran más de \$8.000 por hora.

**-Pablo:** pues para mí me parecen un gran servicio porque dejar el carro en la calle, es arriesgar, vale más la multa y que se lo recojan a uno y el parte y el todo es mejor pagar \$10.000 por una hora que arriesgar y que se lo lleve, a veces no hay forma porque están todos llenos, pero es una gran comodidad, muy necesarios.

**-Luz Marina:** si, el problema mío es por el tamaño del carro, pero dando vueltecitas se encuentra y yo pienso que en algunos sectores se llenan mucho, y hay otros en los que hay un parqueadero y espere haber donde encuentra otro, entonces no siempre he tenido problemas pero sí... y el precio pues normal, uno creería que debería ser más estándar, pero varia, depende de uno donde esté, entonces de una calle al frente de otra, varía y puede ser hasta \$200 más caro.

**-Pablo:** por ejemplo en Cundinamarca entre Ayacucho y Colombia, concretamente debajo del centro comercial Shangai, es uno de los más caros, eso vale como \$4.000 y pico y la vueltecita subiendo también hay otro de ese precio y son los más incómodos de todos los parqueaderos que hay, porque el uno es bajando así, es un sótano ahí es bien estrecho para cuadrarse uno y el otro también. Esos parqueaderos son viejos y siempre han sido caros.

3. ¿De qué manera afecta su decisión de ir al centro el costo del parqueadero? ¿Dónde parquea? y si paga, ¿cómo es la forma de pago? (mensual, diario, hora)

**-Diego:** no, no me afecta en nada, siempre pago por día, porque como te digo no se puede pagar una mensualidad, no sé si será como algún factor de los parqueaderos, sobre todo de estos parqueaderos grandes de Corpaul uno nunca encuentra una mensualidad, de resto no.

**-Cesar:** no, de acuerdo al valor pues yo hago cuentas como dije y con lo que serían los buses, el parqueadero me sale casi a lo mismo yo pago normalmente mensualidad, estos días se me acaba la mensualidad y estaba esperando unas cosas para volver a la mensualidad, y pues hasta el fin del mes voy a pagar diario, pero pago mensualidad. Yo parqueo en Gran Plaza.

**-Carlos:** realmente a mí lo que más influye, pues el valor como no estoy largos periodos del tiempo, pues no influye tanto, como te digo es más bien la cercanía del parqueadero a donde voy a ir es como el factor determinante. Parqueo en gran plaza o en la gran esquina. Donde haya disponibilidad.

**-Daniel:** a mí el costo no me afecta, el pago es mensual y parqueadero queda en Maracaibo con la Oriental

**-Pablo:** no pues, como es muy esporádico no me afecta el costo.

**-Luz Marina:** sí, yo también, es muy esporádico el costo entonces no importa.

4. ¿Consideraría otro modo de ir al centro diferente al auto? ¿Cuál? ¿Por qué? (Especialmente si no lo considera, que diga por qué, por ejemplo la comodidad, o la seguridad, costos, tiempos viajando y buscando parqueo).

**-Diego:** otro modo... puede ser si, bus... que también pues no me choca y también es cómodo porque pues los buses de por mi casa pasan muy vacíos, los de Laureles por la mañana, alcanza uno sentado, cómodo y bien. Y no hay problema con eso, también estuve utilizando ahora que se me dañó el carro, el Metroplús de la alpujarra a la universidad y me pareció muy bueno, muy cómodo y muy rápido y también el metro me parece fabuloso, también es un medio de transporte bueno a no ser en las horas picos. Son medios de transporte buenos, cómodos.

**-Carlos:** yo si tuviera que hacer solo un viaje , que fuera solo al trabajo y no tuviera que hacer múltiples viajes en el día, pues podría cambiar a Metroplús ya que me queda pues cerca la estación rosales y la del centro pues en Cisneros pero si tengo que hacer otro viaje adicional en el día, no... me voy en carro, por los tiempo porque ya empiezo que un bus para un lado, que un bus para otro y la demora de los buses, en cambio a uno en el carro le rinde más, uno maneja su tiempo por así decirlo, pero si solo hiciera un viaje, utilizaría el Metroplús. Otro medio seria el Metro, por agilidad y rapidez me queda cerquita... si salgo de mi casa, me queda súper favorable, yo vivo por Santa Mónica, integrado y estación san Javier y llegaría en 10-15 minutos al centro. Los buses como otra alternativa no, el servicio de por mi casa es bueno pero el parque automotor es muy viejo, Barrio Cristóbal, son muy viejitos entonces uno termina saliendo con olor a gasolina, no pues... y son a veces lentos pero el transporte número uno que yo pensaría, sería el metro por comodidad y tranquilidad, me siento muy seguro en ese sistema.

**-Daniel:** eh... bueno yo lo que utilizo es a la hora pico, entonces los otros servicios a esa hora es muy malo, pues el Metro es horrible la Línea B, y para devolverse pues lo empujan a uno para sentarse montarse en el integrado pues también es lleno, digamos por la mañana van llenos y no paran, las busetas también van llenas y pues se demoran mucho porque igual hay mucho taco porque ellas se van por la alpujarra luego suben al palo entonces se demora mucho, yo a veces cojo la buseta y me demoro 35-40 minutos. El metro no lo tomo. De regreso también a veces cuando tomo la buseta, me demoro por ahí 50 minutos, 1 hora y como son las busetas de Robledo o Coonatra pues son muy malas, son muy llenas, los conductores son muy malitos y se montan demasiados vendedores ambulantes... yo por eso prefiero pagar el carro, irme más temprano y salir antes del pico y placa para no usar eso y si no, pago taxi.

**-Pablo:** pues... de todas maneras es que el traslado desde allá, bien sea en Metro, o en bus es un caos. Si uno se viene desde el metro es 1 hora para llegar a Prado Centro, hay dos opciones, Moravia y el normal pero para todos dos necesita uno 1 hora, entonces por eso preferiblemente el carro.

**-Luz Marina:** yo en realidad soy poco usuaria del transporte publica, ni uso el Metro, eventualmente lo he cogido porque tengo que dejar el carro y me parece que tiene que ser a una hora no pico porque o sino, se monta o lo montan y se baja o lo bajan. Por mi casa hay

mucha ruta de Bus del Poblado, Envigado, Sabaneta; pero no soy usuaria de ellas porque tengo mi carro y ahorro más tiempo yéndome en mi carro que usando el servicio.

5. En el caso de que se establecieran parqueaderos en zonas periféricas a las estaciones de metro, con posibilidad de acceso a transporte público. ¿Bajo qué condiciones estaría dispuesto a utilizarlos? (costo, tipo de infraestructura, distancia hasta transporte público, bicicleta pública).

**-Diego:** yo no los utilizaría porque en cuestión de Metro para Laureles es muy poco utilizado, lo mismo el Metroplús, no nos queda como con buen acceso ni es rápido. También pasan estos buses de las rutas metro y son demorados... no los utilizaría.

**-Cesar:** en mi caso, tampoco los utilizaría porque digamos yo vengo para acá para la universidad y dejo el carro en la estación de Floresta suponiendo, cojo el metro, después me tocaría volverme por el carro, voy al centro, me tocaría volver a dejar el carro, pues sería un montón de vueltas y prefiero hacerlo en un solo modo

**-Carlos:** yo lo utilizaría dependiendo de la hora porque si es una hora pico no me serviría pues porque ando con paquetes y alguna máquina, pero digamos, si está cerca, claro, lo utilizaría sin pensarlo dependiendo de la hora si es tipo 9-11:00 a.m. o 3:00 p.m. de pronto, sí.

**-Daniel:** yo no lo utilizaría porque implicaría de pronto ir a la estación Suramericana porque en el estadio no veo una zona donde podría haber esos parqueaderos y eso me implicaría llegar al Parque Berrio y caminar 6 cuadras, y pues estoy llegando más rápido yéndome en el carro o hasta en la buseta porque yo yéndome en el metro que en la buseta, llego más rápido en la buseta, entonces no lo utilizaría.

**-Pablo:** yo no lo utilizaría porque no me queda cercano a mi lugar de trabajo.

**-Luz Marina:** yo creo que yo tampoco lo utilizaría porque tengo pues la facilidad de salir en mi carro, me parece para él no tiene carro utilizar ese transporte público, y el metro es muy buen sistema pero es muy difícil montarse. Y el que trabaja, trabaja a las horas pico y no sé si es por falta de vagones o qué, pero el metro se está volviendo un caos, entonces yo pienso que por eso la gente que tiene carro prefiere usarlo así el transporte público lo deje al lado.

**-Cesar:** yo por ejemplo, si mi viaje fuera solo a trabajar, tampoco utilizaría el carro para dejarlo en un parqueadero y hacer trasbordo? Me voy en el carro o directamente me voy en transporte público y si solo tengo que hacer un viaje, uso transporte público y dejo el carro en la casa entonces, pero de montarme en el carro, dejarlo en un parqueadero y trasbordar a un transporte masivo... no.

**-Diego:** y hay varios parqueaderos cerquita a las estaciones de Metro, por ejemplo aquí en la 30, hay uno debajo de los puentes, en la Aguacatala hay otro, pero la comodidad no es la misma.

6. Si pudiera parquear cerca de una estación de metro, y a un precio que sumado la tarifa del metro o Metroplús ida y vuelta fueran 6000 pesos (y suponga que usted pagara 10-12 mil pesos un parqueadero en el centro), ¿lo dejaría en una estación y entraría al centro en metro o en Metroplús? ¿por qué? (piense que si va acompañado son dos pagos en el metro ida y vuelta, influye si lleva paquetes, si va con niños).

**-Diego:** no, no lo haría por la comodidad y prácticamente sería lo mismo, mientras uno paga la tarifa y paga lo otro, eso da como lo mismo. Y también la comodidad, pues yo no sé si es que uno es muy cómodo o qué, pero la comodidad del carro particular, de uno poder llegar temprano, poder ver el noticiero, de poder quedarse un rato en la casa charlando con los hijos, con la señora, eso es muy indispensable, pues eso vale.

**-Cesar:** yo tampoco lo haría, la opción no me parece. Yo de llegar y coger el carro y dejarlo en una estación del metro y seguir... no, yo cojo el carro y directamente voy al destino, utilizo solo un modo de transporte. Pero si yo tengo que hacer más de un viaje en el día. Me llevo el carro, ya uno se pone a mirar oda la plata que se gasta en pasajes y es lo mismo. Suponiendo que sea solo un viaje, me voy directamente en el transporte público o en el carro, pero no lo dejo en la estación del metro, el trasbordo no es cómodo. Es mejor de una vez en el modo de transporte que escoja.

**-Carlos:** yo también comparto la idea de él, porque igual en la parte mía que es comercial, el tiempo es indispensable, perdería yo tiempo mientras dejo el carro parqueado y luego coger un transporte masivo y volver a hacer lo mismo. Perdería tiempo y no me serviría en lo que yo hago. No lo tomaría.



**-Cesar:** otra cosa es que en el centro las estaciones del Metro están bien distribuidas pero uno trabaja en el centro en una estación que no esta tan cerca de la estación de Metro y entonces la caminata en el centro igual es complicada.

**-Daniel:** yo tampoco lo haría, pues la estación que me quedaría cerca seria Berrio y por la noche no es muy bueno caminar por ahí, uno tiene que andar rápido, no puede sacar el celular, tiene que andar rápido y montarse en el bus y además no es cómodo, lo aprietan ahí y tampoco es seguro. No, yo no lo haría, yo prefiero pagar los \$12.000

**-Pablo:** yo tampoco, de todas maneras se trata es de comodidad y la comodidad cuesta plata.

**-Luz Marina:** yo pienso que para mí la única opción sería hacerlo por la congestión del centro, pero como dicen ellos, las estaciones del metro no son accesibles a donde uno va entonces tenemos que empezar a cambiar otra cosa par a poder utilizar el transporte masivo, o sea, por ahora a nosotros no nos funciona dejar el carro en una estación cercana al metro porque es que las estaciones del metro no están cerca de donde uno se dirige o no hay muchas estaciones... sería lo único para dejar el carro al ir al centro, pero no se justifica.

**-Cesar:** además lo que dice Daniel, la seguridad en el centro... uno no puede sacar el celular, no puede llevar el computador y a uno le toca caminar desde la estación del Metro hasta donde uno va... puede que no te pase nada, pero si te pasa, quedas más que aburrido.

**-Daniel:** si, es que no es lo mismo ir en el carro, usted puede echar en el carro su saco, su maleta, su computador, los deja ahí puede andar, en cambio sí va en metro trata de sacar lo menos posible, no es la misma comodidad, en cambio en el carro así vaya en el taco más horrible, usted puede ir escuchando música y en el bus usted también va en el taco pero va con otro montón de gente, los vendedores encima... entonces no.

7. ¿Hasta cuánto estaría dispuesto a pagar por el parqueo de su auto por hora (y por el día)?  
¿a qué distancia estaría dispuesto a dejar su vehículo de su lugar de trabajo en el centro?  
¿Si hubiese un cobro por encima de ese valor, dejaría el auto en un parqueadero periférico a una estación de metro y continuaría su viaje en transporte público?

**-Diego:** yo creo que desde que sea un precio que oscila entre lo que uno habla con los compañeros de lo que se paga, pues no hay ningún problema y como se dice también por la

comodidad, porque uno lo tiene cerca a pocas cuadras. Y no dejar el carro en un parqueadero lejos porque allá es más barata y en ese corto trayecto, alrededor de la Alpujarra, el Parque de las Luces, no es como lo mejor que digamos, uno sabe pues que ahí hay una mata de marihuaneros y mucha cosa se ve ahí a pesar de que la policía está ahí y todas las cosas, pero a uno le da temor por ejemplo sacar su celular o llevar el computador cualquier cosa de estas, creo que no justificaría eso por ahorrarse \$4.000 o \$5.000 porque hay un parqueadero más barato, dejarlo allá y pasarse, para mí no justificaría y la seguridad y donde yo parqueo es muy cómodo, están pendientes de todo, como llegó el carro, lo revisan, mira, absolutamente todo y si hay algún problema de choque o alguna cosa, pues hay cámaras y le responden a uno dependiendo pues del accidente que tenga dentro del parqueadero, entonces yo creo que la comodidad, vale.

Si el precio aumentara, no dejaría el carro en parqueadero del Metro, porque la distancia de donde me deja el Metro en la Alpujarra, no justificaría. Si se aumentara al doble entonces ya uno lo pensaría... en este momento pago \$12.400 por día, incrementarlo sería por ahí \$14.000... ya uno si lo pensaría, el aumento lo toleraría si fueran \$2.000 o \$3.000.

**-Cesar:** pero yo creo que comparando con Bogotá, los parqueaderos no dejarían que subieran \$30.000 todos los días, nadie los usaría. Yo pago por día \$10.000, si me lo suben a \$20.000 entonces ya no almuerzo en el centro, almuerzo en la casa pero sigo pagando parqueadero, pues igual yo pienso que más de \$16.000 no van a subir porque los mismos parqueaderos sabrían que van a perder clientes. Estaría dispuesto a dejar el carro en el parqueadero más cercano, máximo una cuadra, si lo dejo más lejos es como si fuera en Metro, hablando de la seguridad en el centro, pues no hago nada porque uno siempre busca el parqueadero más cercano.

**-Pablo:** yo creo que uno puede oscilar entre 1 y 3 cuadras porque de todas maneras la caminadita es chévere, está bien que uno está expuesto, pero uno está expuesto dentro del carro y donde sea. 2 o 3 cuadras es chévere, hasta se relaja uno después de estar una hora en un taco, caminar unas cuadritas es chévere.

**-Cesar:** es que cuando uno sale a caminar por el centro no lleva ningún objeto, ni nada, en cambio cuando uno se baja del carro, uno se baja con el computador y todo eso, pero cuando uno va con todas las cosas uno trata de no exponerse.

**-Carlos:** en mi caso, por hora estaría dispuesto a pagar un máximo de \$6.000 por hora, y me parecería exagerado. No conozco las tarifas diarias, apenas me entero y creo que en ese caso lo máximo sería por ahí \$15.000 para estar un día. Estaría dispuesto a dejar el carro a unas 3-4 cuadras dependiendo del lugar al que vaya a ir. Si hubiera un cobro por encima de ese valor, creo que aún no lo haría por el tiempo porque siempre que voy al centro voy con mercancía, entonces no sería práctico llevar toda la mercancía en Metro.

**-Daniel:** yo pago mensualidad y pago \$110.000 yo creería que por ahí hasta \$200.000/ mes estaría dispuesto a pagar, si se sube de ahí, no lo llevaría a un parqueadero del Metro para dejarlo al sol y al agua todo el día, lo dejo en la casa y me voy en taxi, no utilizaría transporte masivo. Estaría dispuesto a dejarlo máximo a 2-3 cuadras de mi lugar de trabajo.

**-Pablo:** 3 cuadras... pero si lo suben más de lo que está actualmente, iría en bus. Estaría dispuesto a pagar por hora hasta \$4.000 por día 13 o \$14.000. Si hubiese un cobro por encima de ese valor me movilizaría en transporte público y dejaría el carro para los fines de semana e ir a pasear.

**-Luz Marina:** yo máximo apagaría \$4.000 por hora y máximo también caminaría 3 cuadras y si fuera a dejarlo y coger carro y coger transporte publico... no. Más bien cogería un solo medio.