# MODELACIÓN BASADA EN TOURS PARA DETERMINAR LA DEMANDA DE VIAJES DE PERSONAS APLICADA A UN SECTOR DEL VALLE DE ABURRÁ

I.C., E.T., E.A.G. JULIÁN MONTOYA ESCOBAR

Tesis de grado para optar el título de
Magíster en Ingeniería - Infraestructura y Sistemas de Transporte

Director
Iván Reinaldo Sarmiento Ordosgoitia, Ph.D.
Departamento de Ingeniería Civil, Colombia

Codirector
Carlos Alberto González Calderón, M.Sc.
Rensselaer Polytechnic Institute, USA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas
Programa de Maestría en Ingeniería

Medellín
2013

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
Firma del presidente del jurado

_____
Firma del jurado

_____
Firma del jurado

Medellín, diciembre 14 de 2013

## DEDICATORIA

A mi familia y amigos por su apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y disfrutar la posibilidad de realizar esta investigación.

A todas y cada una de las personas que hicieron posible realizar esta investigación, quienes siempre mostraron todo su interés por ver los avances en este tema tan representativo.

A mi Director, el Doctor Iván R. Sarmiento Ordosgoitia, quiero darle especialmente las gracias por compartir el conocimiento desinteresadamente, los deseos insaciables de investigar para progresar y por el apoyo como amigo incondicional.

A mi Codirector, el profesor Carlos A. González Calderón, mi amigo y apoyo en todo momento, por sus sabios consejos y gran experiencia en la metodología de la investigación.

A los profesores Abolfazl (Kouros) Mohammadian y Jhon L. Bowman., por compartir su conocimiento y experiencia.

A mis compañeros de estudio y profesores de la especialización y maestría; Jorge Eliécer Córdoba, Víctor G. Valencia, John Jairo Posada, Hernando Muñoz Lara, Miguel Ángel Sierra y Víctor Cantillo, por su energía en el aula de clase, que nos inspira a continuar con la misma fortaleza y emprendimiento los desafíos y retos de la ingeniería.

A la Subsecretaría de Infraestructura Física del municipio de Medellín, por su colaboración con la información solicitada.

A Empresas Públicas de Medellín por todo el apoyo prestado.

A la Facultad de Minas, una familia a la que siempre perteneceremos.

## RESUMEN

Esta investigación ilustra la necesidad y conveniencia de desarrollar un modelo basado en tours para la predicción del reparto modal de la demanda de transporte de pasajeros para un sector de Medellín, Colombia.

La estructura desarrollada en este documento consideró en parte la información contenida en el Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012, a partir de lo anterior, esta tesis identificó los atributos demográficos, sociales y económicos que inciden de manera significativa para realizar la caracterización de los tours, en la Matriz de Origen y Destino de Medellín, obtenida en el año 2012.

En las comunas con mayor presencia de vehículos particulares en El Poblado y Laureles, se cuantificaron y clasificaron los tours cuyo modo principal fue el vehículo particular seguido por los tours cuyo modo alternativo de transporte fue el servicio público taxi, en ambos casos se incluyeron las combinaciones con el modo caminata, calculando las tarifas horarias para cada modo y el costo total de realizar los tours.

Se calibró y ejecutó un modelo tipo Multinomial Logit, por medio del software Biogeme, lo cual permitió determinar la influencia en la demanda de transporte de variables como: el costo del modo, el tipo de usuario (trabajadores, estudiantes, sexo, otros) y actividades en un sector de Medellín con gran presencia de vehículos.

Se obtuvo un modelo para la predicción del reparto modal de la demanda de transporte para las comunas de El Poblado y Laureles basado en tours, con un nivel de predicción acorde a lo esperado en este tipo de modelación. Se calcularon las tarifas promedio de los modos y se estimaron las cuotas de mercado para los modos investigados, determinando las elasticidades directas y cruzadas, según los usuarios más representativos de la muestra.

Esta investigación va dirigida a la comunidad académica para su conocimiento y aquellas personas encargadas de tomar decisiones respecto a las políticas de transporte en la zona de investigación. Por otra parte, es un primer paso para futuras investigaciones de modelaciones basadas en tours aplicables a nuestro país.

El modelo propuesto dio como resultado un nivel de predicción probabilístico adecuado al compararlo con las preferencias reveladas, consignadas en las encuestas origen y destino del año 2012, entre ± 3.9% y ± 11.3%, para los tours que representan el 80.9% de la muestra, y diferencias más altas en las probabilidades a medida que las observaciones son menores en la muestra analizada. Para el modo auto las encuestas revelaron 1791 tours, el modelo predijo 1629 tours, lo que da una diferencia porcentual del -9.0 %, de forma similar, para el modo taxi las encuestas revelaron 546 tours, el modelo predijo 708 tours, lo que da una diferencia porcentual del 29.6 %, dependiendo de las características de los individuos a modelar.

El modo más utilizado en las comunas El Poblado y Laureles es el vehículo particular, presentando variaciones conservadoras en la elección de esta alternativa ante eventuales aumentos en la tarifa horaria

de este modo, frente el uso del servicio público taxi.

Palabras claves: Modelo Multinomial Logit, demanda de pasajeros, tours, patrones de viaje, Medellín.

## ABSTRACT

This thesis illustrates the necessity and desirability of developing a system based on tours for the prediction of passenger mode split demand models for a sector of Medellin, Colombia. This research is based on the 2012 household and cargo origin-destination surveys for the Valle de Aburra. Based on these data, the economical, social and demographic attributes that influence the tours in the study zone were studied.

Considering the fact that El Poblado and Laureles neighborhoods in Medellin have the largest amount of people that own private cars, the tour sequences generated in those places were analyzed obtaining total tour costs and market shares. The tours included mainly private transportation, taxi and walking as well. With this information, a multinomial logit model was obtained and calibrated using the software Biogeme. The model allowed to obtain the demand by type of user (worker, student, other) and by mode. Based on the results, direct and cross elasticities were estimated for the different market shares. The obtained result was an appropriate level of probabilistic prediction in comparison with obtained preferences the 2012 origin-destination surveys, between 3.9 % and 11.3%, for tours that illustrate 80.9% of the pattern, and higher differences in probabilities as observations are minor in analyzed. In private vehicle mode, polls showed 1791 tours, the model showed 1629 tours, obtaining a percentage difference of -9.0%, of same way, taxi model polls showed 546 tours, model predicted 708 tours, obtaining a percentage difference of 29.6%. The results also show that, as expected, the private vehicle is the most one used followed by taxi in the case study. Finally, this research expects to broaden the knowledge of tour behavior in passenger transportation based on origin-destination surveys that only consider single unit of trips. It is one of the first investigation of tours modeling in Colombia. The results will help academics and transportation agencies to understand better people travel behavior considering trip chains.

Keywords: Logit Multinomial Model, passenger demand, tours, travel patterns, Medellin.

**TABLA DE CONTENIDO**

1 INTRODUCCIÓN ..... 1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 2
1.2 JUSTIFICACIÓN ..... 2
1.3 OBJETIVOS ..... 5
1.3.1 Objetivo general ..... 5
1.3.2 Objetivos específicos ..... 5
2 MARCO TEÓRICO ..... 6
3 INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO EN LAS COMUNAS OBJETO DE ESTUDIO EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN ..... 12
3.1 ANTECEDENTES DE LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO EN LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN ..... 12
3.2 ZONIFICACIÓN ..... 13
3.3 TAMAÑO MUESTRAL EN LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO ..... 23
3.4 ESTUDIOS ADICIONALES A LA ENCUESTA ORIGEN DESTINO ..... 24
3.4.1 Aforos de tránsito en líneas pantalla ..... 24
3.4.2 Encuestas y aforos en cordón externo ..... 25
3.5 EXPANSIÓN DE LA ENCUESTA DE HOGARES ..... 25
3.5.1 Universo de hogares ..... 25
3.5.2 Metodología para el cálculo de factores de expansión ..... 25
3.5.3 Rutas de transporte en el municipio de Medellín. ..... 26
3.5.4 Pasajeros transportados por día en el municipio de Medellín en las rutas de transporte ..... 27
3.6 VALIDACIÓN DE VARIABLES SOCIOECONÓMICAS ..... 28
3.7 VALIDACION DE LOS VIAJES EN METRO ..... 33
4 RESULTADOS GENERALES DE LA ENCUESTA A HOGARES EN EL INFORME FINAL - ENCUESTA ORIGEN DESTINO DE HOGARES Y DE CARGA PARA EL VALLE DE ABURRÁ- 2012 ..... 34
4.1 PARTICIÓN MODAL DE LOS VIAJES ..... 34
4.2 DISTRIBUCIÓN HORARIA DE LOS VIAJES (VER HISTOGRAMAS DE HORAS DE SALIDA) ..... 34
4.3 COMPARATIVO DE LOS VIAJES EN LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO DE LOS AÑOS 2000, 2005 Y 2012 ..... 35
4.4 MOTIVO DE VIAJE ..... 36
4.5 MOTORIZACIÓN ..... 37
4.6 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS ..... 38

4.7 TIEMPO DE VIAJE ..... 38
4.8 VIAJES EN BICICLETA ..... 39
5 SELECCIÓN DE LAS COMUNAS OBJETO DE INVESTIGACIÓN ..... 41
6 METODOLOGÍA ..... 43
6.1 VARIABLES ANALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TOURS ..... 43
6.2 CARACTERIZACIÓN TOURS COMUNA 11 LAURELES ..... 45
6.2.1 Tours por edad ..... 45
6.2.2 Tours por sexo ..... 46
6.2.3 Tours por nivel de estudio ..... 46
6.2.4 Tours por ocupación ..... 47
6.2.5 Tours por tiempo de empleo ..... 48
6.2.6 Tours por sector de trabajo ..... 48
6.2.7 Tours por labor ..... 49
6.2.8 Tours por lugar de trabajo ..... 49
6.2.9 Tours por número de vehículos ..... 50
6.2.10 Tours por número de paradas ..... 50
6.2.11 Tours por duración de la parada principal ..... 51
6.2.12 Tours por propósito ..... 52
6.2.13 Tours por tiempo del viaje ..... 52
6.2.14 Tours por duración del tour ..... 53
6.2.15 Tours por modo ..... 53
6.2.16 Tours por hora origen ..... 54
6.2.17 Tours por modos y sexo ..... 54
6.2.18 Tours por propósito y sexo ..... 55
6.2.19 Tours por tiempo de viaje y sexo ..... 55
6.2.20 Tours por hora origen y propósito ..... 56
6.2.21 Tours por hora origen y modo ..... 57
6.3 CARACTERIZACIÓN TOURS COMUNA 14 EL POBLADO ..... 57
6.3.1 Tours por edad ..... 57
6.3.2 Tours por sexo ..... 58
6.3.3 Tours por nivel de estudio ..... 58
6.3.4 Tours por ocupación ..... 59
6.3.5 Tours por tiempo de empleo ..... 60
6.3.6 Tours por sector de trabajo ..... 60
6.3.7 Tours por labor ..... 61
6.3.8 Tours por lugar de trabajo ..... 61

6.3.9 Tours por número de vehículos ..... 62
6.3.10 Tours por número de paradas ..... 63
6.3.11 Tours por duración de la parada principal ..... 63
6.3.12 Tours por propósito ..... 64
6.3.13 Tours por tiempo del viaje ..... 64
6.3.14 Tours por duración del tour ..... 65
6.3.15 Tours por modo ..... 66
6.3.16 Tours por hora origen ..... 66
6.3.17 Tours por modos y sexo ..... 67
6.3.18 Tours por propósito y sexo ..... 67
6.3.19 Tours por tiempo de viaje y sexo ..... 67
6.3.20 Tours por hora origen y propósito ..... 68
6.3.21 Tours por hora origen y modo ..... 69
6.4 DATOS PARA EL PROCESAMIENTO Y SELECCIÓN DEL ALGORITMO ..... 69
6.4.1 Selección y delimitación de los tours en la muestra para el procesamiento de la información ..... 70
6.4.2 Cálculo de la tarifa de vehículo particular ..... 71
6.4.3 Cálculo de la tarifa de servicio público taxi ..... 71
6.4.4 Cálculo del costo total del tour ..... 72
6.4.5 Formulación matemática del algoritmo ..... 72
6.4.6 Limitaciones del modelo ..... 73
6.5 PROGRAMA COMPUTACIONAL BIOGEME Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN ..... 74
6.5.1 Variables dummy ..... 75
6.5.2 Definición de la función de utilidad esperada ..... 78
6.5.3 Modelos procesados ..... 78
6.5.4 Ranking de modelos ..... 79
6.5.5 Modelo seleccionado ..... 81
6.5.6 Cuotas de mercado de los modos ..... 81
6.5.7 Verificación de la capacidad de predicción del modelo versus modos revelados en la encuesta. ..... 84
6.5.8 Elasticidades directas y cruzadas ..... 85
6.5.9 Análisis de las elasticidades ..... 86
7 CONCLUSIONES ..... 89
8 RECOMENDACIONES ..... 93
BIBLIOGRAFÍA ..... 94
ANEXOS ..... 97

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proyección de la población ..... 12
Tabla 2. Zonificación 2011 para el municipio de Medellín ..... 14
Tabla 3. Zonificación de los corregimientos de Medellín ..... 22
Tabla 4. Zonas SIT de Medellín sin viviendas ..... 22
Tabla 5. Tamaños muestrales recomendados internacionalmente ..... 23
Tabla 6. Muestra planeada para Medellín respecto al Valle de Aburrá ..... 24
Tabla 7. Viviendas por estrato y encuestas por estrato en cada municipio ..... 26
Tabla 8. Información disponible por municipio ..... 26
Tabla 9. Registradoras de Medellín analizadas en 2009 ..... 27
Tabla 10. Resumen pasajeros transportados por día en Medellín 2010 ..... 27
Tabla 11. Resultados globales de la encuesta de hogares y validación ..... 29
Tabla 12. Viajes diarios encuesta de hogares 2012 sin validar ..... 29
Tabla 13. Crecimiento de la movilidad en los últimos 12 años ..... 36
Tabla 14. Bicicletas aforadas en Medellín ..... 40
Tabla 15. Tours por edad comuna Laureles ..... 46
Tabla 16. Tours por sexo comuna Laureles ..... 46
Tabla 17. Tours por nivel de estudio comuna Laureles ..... 47
Tabla 18. Tours por ocupación comuna Laureles ..... 47
Tabla 19. Tours por tiempo de empleo comuna Laureles ..... 48
Tabla 20. Tours por sector de trabajo comuna Laureles ..... 48
Tabla 21. Tours por labor comuna Laureles ..... 49
Tabla 22. Tours por lugar de trabajo comuna Laureles ..... 50
Tabla 23. Tours por No. de vehículos comuna Laureles ..... 50
Tabla 24. Tours por No. de paradas comuna Laureles ..... 51
Tabla 25. Tours por duración de la para principal comuna Laureles ..... 51
Tabla 26. Tours por propósito comuna Laureles ..... 52
Tabla 27. Tours por tiempo de viaje comuna Laureles ..... 52
Tabla 28. Tours por duración comuna Laureles ..... 53
Tabla 29. Tours por modo comuna Laureles ..... 53
Tabla 30. Tours por hora origen comuna Laureles ..... 54
Tabla 31. Tours por modo y sexo comuna Laureles ..... 55
Tabla 32. Tours por propósito y sexo comuna Laureles ..... 55
Tabla 33. Tours por tiempo de viaje y sexo comuna Laureles ..... 56
Tabla 34. Tours por hora origen y propósito comuna Laureles ..... 56
Tabla 35. Tours por hora origen y modo comuna Laureles ..... 57
Tabla 36. Tours por edad comuna El Poblado ..... 58
Tabla 37. Tours por sexo comuna El Poblado ..... 58
Tabla 38. Tours por nivel de estudio comuna El Poblado ..... 59
Tabla 39. Tours por ocupación comuna El Poblado ..... 59
Tabla 40. Tours por tiempo de empleo comuna El Poblado ..... 60
Tabla 41. Tours por sector de trabajo comuna El Poblado ..... 60
Tabla 42. Tours por labor comuna El Poblado ..... 61

Tabla 43. Tours por lugar de trabajo comuna El Poblado ..... 62
Tabla 44. Tours por No. de vehículos comuna El Poblado ..... 62
Tabla 45. Tours por No. de paradas comuna El Poblado ..... 63
Tabla 46. Tours por duración de la parada principal comuna El Poblado ..... 63
Tabla 47. Tours por propósito comuna El Poblado ..... 64
Tabla 48. Tours por tiempo de viaje comuna El Poblado ..... 64
Tabla 49. Tours por duración comuna El Poblado ..... 65
Tabla 50. Tours por modo comuna El Poblado ..... 66
Tabla 51. Tours por hora origen comuna El Poblado ..... 66
Tabla 52. Tours por modos y sexo comuna El Poblado ..... 67
Tabla 53. Tours por propósito y sexo comuna El Poblado ..... 67
Tabla 54. Tours por tiempo de viaje y sexo comuna El Poblado ..... 68
Tabla 55. Tours por hora origen y propósito comuna El Poblado ..... 68
Tabla 56. Tours por hora origen y modo comuna El Poblado ..... 69
Tabla 57. Modelos con mejores resultados ..... 78
Tabla 58. Cuotas de mercado de los modos investigados ..... 82
Tabla 59. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 1 ..... 83
Tabla 60. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 2 ..... 83
Tabla 61. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 3 ..... 83
Tabla 62. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 4 ..... 83
Tabla 63. Verificación de la predicción del modelo versus modos revelados en encuesta ..... 84
Tabla 64. Elasticidades en individuos tipo 1 ..... 85
Tabla 65. Elasticidades en individuos tipo 2 ..... 85
Tabla 66. Elasticidades en individuos tipo 3 ..... 86
Tabla 67. Elasticidades en individuos tipo 4 ..... 86
Tabla 68. Resultados caracterización de tours ..... 99
Tabla 69. Resumen ejemplos de modelos procesados 1 a 5 ..... 101
Tabla 70. Resumen ejemplos de modelos procesados 6 a 10 ..... 102
Tabla 71. Resumen ejemplos de modelos procesados 11 a 15 ..... 103
Tabla 72. Resumen ejemplos de modelos procesados 16 y 17 ..... 104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Patrón de análisis ..... 7
Figura 2. Esquema del tour ..... 8
Figura 3. Estructura del modelo logit ..... 9
Figura 4. Ubicación de líneas pantalla de aforos en el Valle de Aburrá ..... 24
Figura 5. Distribución de los estratos en la población del Valle de Aburrá y en la EOD 2012 ..... 28
Figura 6. Moradores por hogar en Medellín ..... 28
Figura 7. Ascenso de pasajeros en horas pico AM y PM. Metro 2011 ..... 33
Figura 8. Ascenso de pasajeros en horas valle en el Metro año 2011 ..... 33
Figura 9. Partición modal de los viajes ..... 34
Figura 10. Distribución horaria de los viajes en Medellín ..... 35
Figura 11. Comparación de resultados EOD 2000, 2005 y 2012 ..... 35
Figura 12. Motivo de viaje ..... 36
Figura 13. Motivo de viaje sin incluir el regreso a casa ..... 37
Figura 14. Porcentaje de autos de Medellín y del Área Metropolitana ..... 37
Figura 15. Tiempo promedio de viaje por modo ..... 38
Figura 16. Viajes en bicicleta por comuna de Medellín ..... 39
Figura 17. Viajes en bicicleta por estrato en Medellín ..... 39
Figura 18. Sistema global de modelado ..... 70
Figura 19. Gráfica de zonas respecto a viajes comuna Laureles ..... 97
Figura 20. Gráfica de zonas respecto a viajes comuna El Poblado ..... 98
Figura 21. Ejemplo de procesamiento de la información ..... 100

## GLOSARIO

- **Aforos:** Conteos para realizar validaciones por medio de encuestas.
- **AutoCAD:** Software CAD utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.
- **Biogeme:** Código abierto gratuito diseñado para la estimación de modelos de elección discreta.
- **Bucles:** Ciclo, en programación, es una sentencia que se realiza repetidas veces a un trozo aislado de código, hasta que la condición asignada a dicho bucle deje de cumplirse.
- **Caracterización:** Método que sirve para identificar aspectos individuales de un determinando patrón, actividad o tour.
- **Endogenidad:** Es un lazo de causalidad entre los fenómenos independientes y las variables dependientes de un modelo.
- **Línea Pantalla:** Líneas imaginarias que sirven para realizar mediciones o conteos.
- **Logsum:** Es la utilidad máxima esperada en uno de los términos utilizados para el cálculo de la utilidad sistemática en el modelo logit anidado.
- **Matrices O/D:** Matriz que de manera gráfica permite conocer los flujos entre los diferentes puntos analizados, es decir, la matriz representa los flujos de transporte existentes entre diferentes puntos de la red de transporte.
- **Modelo multinomial logit:** Es el modelo de elección discreta más ampliamente utilizado; su popularidad se debe al hecho de que la integral de la fórmula de probabilidad de elección es cerrada. Se obtiene a partir de suponer que los términos de error siguen una distribución independiente e idénticamente distribuidos Gumbel.
- **Modelo logit anidado o jerárquico:** Se plantean en los modelos expuestos de respuesta múltiple que se construyen bajo la hipótesis de presencia de alternativas irrelevantes o superfluas, según la cual la relación entre las probabilidades de decidir entre dos alternativas no depende del resto de las alternativas.
- **Probabilidad:** Es la posibilidad que existe entre varias alternativas, que un hecho o condición se produzca.
- **Subtour:** Encadenamiento de viajes que no se basa directamente en el hogar.
- **Tours:** Encadenamiento de viajes del individuo desde que sale del hogar hasta su regreso.
- **Zonas SIT:** Zonas del Sistema Integrado de Transporte.

## ABREVIATURAS

- **DANE:** Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- **E.A.G:** Especialista en Alta Gerencia.
- **ECV:** Encuestas Calidad de Vida.
- **EOD:** Encuestas Origen y Destino.
- **EPM:** Empresas Públicas de Medellín.
- **E.T:** Especialista en Vías y Transporte.
- **FOV:** Estudio de Frecuencia y Ocupación Visual.
- **HAB:** Habitante.
- **I.C:** Ingeniero Civil.
- **IE:** Instituciones Educativas.
- **LRM:** Pantalla Longitudinal principal en el Río Medellín.
- **MNL:** Multinomial Logit.
- **M.SC:** Maestría en Ciencias.
- **N°/DÍA:** Número de pasajeros por día.
- **O/D:** Origen y destino.
- **PH.D:** Doctorado
- **PIB:** Producto Interno Bruto.
- **POT:** Plan de Ordenamiento Territorial.
- **PTN:** Pantalla Transversal principal Norte.
- **TTE:** Transporte.
- **VEH:** Vehículos.

# 1 INTRODUCCIÓN

La demanda de transporte en las ciudades se soporta con un sistema que responde adecuadamente a los requerimientos de ésta. Los individuos tienen necesidades de transporte para desarrollar sus actividades en el espacio y el tiempo, con características diferenciadoras como el motivo, la hora de viaje y el modo de transporte. Estos atributos contribuyen a la planeación de la demanda de transporte, en el corto y largo plazo, permitiendo que sean incorporados nuevos elementos para alcanzar mayor precisión en las predicciones.

La modelación de la demanda se ha basado históricamente en dos tipos: modelos agregados o de primera generación y modelos desagregados. Los de primera generación emplean datos agregados, como lo es el promedio de las variables a nivel zonal, para las distintas zonas en las que se divide el área de estudio. Al realizar agregaciones de datos se presentan sesgos, debido a que la conducta individual puede ser ocultada por características no identificadas asociadas a la zona. Por otra parte, los modelos desagregados se basan en el uso de los datos a nivel individual, permiten una mejor comprensión de los comportamientos de viaje, puesto que utilizan teorías de elección individual. Estos últimos se han desarrollado a partir de los años 80 con gran éxito (Yagi S. y Mohammadian A., 2006).

El enfoque desagregado tradicional para estimar la demanda de transporte, para determinar la congestión, impactos ambientales, y otros sistemas de transporte, ha sido desarrollado en lo que se conoce como un modelo de demanda de cuatro etapas de viaje. En este tipo de modelo, la demanda de viajes se obtiene de forma secuencial con base en el número de viajes generado y atraído por cada una de las zonas objeto de estudio como primera etapa, seguido por la distribución de los viajes de cada una de las zonas. Como tercera etapa se desarrolla la elección de los modos de viajar de los usuarios, y finaliza con la etapa de asignación de rutas elegidas para los distintos viajes.

Existen otros enfoques de la modelación desagregada de la demanda del transporte, uno de ellos se basa en las actividades, clasificándose según su duración y se conciben como el principal parámetro decisivo del individuo en sus viajes, el otro enfoque se basa en los tours, entendiéndose por éstos como un encadenamiento por medio de circuitos de los viajes que realizan los individuos, relacionando de manera más real y consecuente los aspectos de comportamiento. La presente investigación se centra en este último enfoque de modelación, buscando cuantificar la demanda de transporte actual, para un sector del Valle de Aburrá, enfocándose experimentalmente en una muestra constituida por 2 comunas del Municipio de Medellín; Laureles y El Poblado donde se plantea realizar la aplicación del modelo a personas que realicen viajes basados en el hogar, con énfasis en las condiciones actuales de movilidad por medio de la incorporación de datos de preferencias reveladas, y la caracterización de los tipos de tours existentes en la Matriz de Origen y Destino del Valle de Aburrá obtenida en el año 2012.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los modelos clásicos de 4 etapas utilizados ampliamente para la determinación de la demanda de transporte, presentan desventajas por su enfoque descendente, lo cual se transfiere en un esquema desfavorablemente rígido, es decir que existe una dependencia secuencial en cada una de sus etapas: Generación, Distribución, Reparto Modal y Asignación de tráfico. Estos tipos de modelos son aplicados a partir de agregaciones en donde se descuidan factores que pueden ser influyentes en la generación de viajes o en la elección de algún tipo de alternativa, como características propias en la percepción de los individuos. Los viajes son la base del proceso en estos modelos, pero se descuida el encadenamiento de éstos por circuitos, en donde se puede tener relaciones fuertes entre la hora del viaje y la posibilidad de optar por realizar un viaje (Kitamura, 1996).

Es necesario desarrollar un sistema de modelación innovador basado en tours para determinar la demanda de transporte (entendiéndose por tour el encadenamiento de segmentos de desplazamiento que se inicia y termina en el hogar) el cual involucre dentro de su concepción estructural la percepción individual de la población, acompañada de una valoración de los criterios de elección de alternativas de una forma simultánea, e incluso el encadenamiento de los viajes; esto es la captación espacial, temporal y social de las interacciones entre los viajes, que permita un análisis en un espacio de "continuum" o continuo. Por lo anterior, es apropiado contar con los recursos tanto técnicos como analíticos basados en un modelo nuevo, que proporcione de manera certera resultados que mitiguen impactos sociales desfavorables, y a su vez aseguren la funcionalidad de los proyectos de transporte a largo plazo.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El modelo clásico de 4 etapas se originó en la década de 1950 y no tiene cambios apreciables, exceptuando la adición de circuitos de retroalimentación entre los resultados de asignación del tráfico y el costo de entrada, para la fase de modelado gravitatorio, que intenta simular los efectos de congestión (Boyce, 2002).

El modelo tradicional de 4 etapas, ha sido criticado a menudo por una serie de deficiencias, como la falta de transmisibilidad, la no consideración de forma adecuada de las características de la hora del día, la independencia de cada viaje realizado por un individuo entre varios viajes, y la falta de un patrón de comportamiento para hacer los viajes debido al uso de una información muy agregada (Boyce, 2002; Kitamura, 1996). La limitación más importante del modelo en el análisis de las estrategias actuales de la demanda de transporte es la falta de un enfoque del comportamiento y la independencia de cada viaje individual. Las otras deficiencias del modelo se pueden superar en cierta medida a través del uso del tiempo del día, separando las matrices de Origen-Destino (OD), bucles de retroalimentación, y otras estrategias. Sin embargo, la independencia de los viajes individuales y la falta de cada uno de los problemas de representación actual de comportamiento, no se pueden superar para analizar las situaciones complejas que se desea en la actualidad (Kitamura, 1996).

Un ejemplo de estos problemas es lo que sucede con la demanda de transporte cuando existe la

posibilidad que los trabajadores hagan sus labores desde sus hogares en lugar de trabajar en una oficina fuera del hogar. El modelo tradicional de cuatro etapas muestra una reducción de los viajes en general, debido a que el viaje de trabajo se eliminaría. Sin embargo, en la práctica, los trabajadores en el hogar tienden a aumentar su número total de viajes no obligados o discrecionales en comparación con los viajeros cuyas labores habituales se realizan desde centros de trabajo (Bowman y Ben-Akiva, 1996).

Los beneficios percibidos con un enfoque desagregado en los modelos basados en tours, se dan por la aproximación más real a la forma de pensar y decidir del individuo, incorporando los factores decisivos de los viajes de manera transversal. (Ettema y Timmermans, 1997). Captando de una manera más precisa los siguientes aspectos:

a) Las características de un viaje varían, según los individuos, en función de la utilidad (total o marginal) del tiempo y del dinero.
b) Los usuarios tienen una resistencia a cambiar de modo, a pesar de mejoras en los modos alternativos.
c) El valor del tiempo de viaje debe relacionarse con la renta individual más que con la renta media.
d) La distancia, la congestión o impedancia, la hora de realizar el viaje, el confort, el motivo y día, todo aquello que incide a la hora de optar por la forma en que se realiza un viaje, y que se ajusta más adecuadamente a las condiciones reales del individuo.
e) Los modelos convencionales de generación de desplazamientos por motivo del viaje son reemplazados por un amplio concepto de tours donde la actividad diaria de recorrido sirve de patrón del modelo.
f) La técnica de distribución de viajes experimenta una transformación significativa. No se conceptúa como una interacción aislada de las funciones de: crecimiento, actividad económica, atracción, distancia o costo de transporte a las zonas, sino que incluye de manera integral en todas sus dimensiones el comportamiento del viajero.
g) La ubicación de los orígenes y destinos de los viajes no basados en el hogar, es decir, aquellos que inician y finalizan el recorrido o circuito en un lugar diferente al hogar, están debidamente vinculados con la ubicación de los correspondientes viajes basados en el hogar en el mismo recorrido.
h) Se puede elegir el modo de viajar de forma más lógica, y coherente con todos los viajes del tour.
i) El modo de elección incorpora el análisis de cada viaje por separado en una misma secuencia, creando numerosas combinaciones de modo lógico.
j) Un enfoque basado en tours proporciona una total uniformidad de las opciones horarias para los diferentes días a través de una mejor asignación de red y haciendo el modelo sensible a las medidas de movilidad.

Al integrar un modelo basado en tours, las estructuras y los factores de control de un determinado sitio de estudio pueden ser significativamente diferentes a los contextos de los países en desarrollo (como en el caso de estudio), dando estimaciones más precisas que se espera presente mejores insumos para la evaluación de diferentes escenarios de la política de transporte.

Para las ciudades colombianas y latinoamericanas el uso de modelos que permitan mejorar la predicción de la demanda de transporte, ayudan a establecer la relación positiva entre la inversión en infraestructura, en términos generales, y el crecimiento económico (Levine y Renelt, 1992).

Como lo indica (García, 2007) "los procesos de integración económica, con los tratados de libre comercio, han convertido a las regiones en redes económicas con libre acceso en las que la competitividad es muy fuerte, donde el desarrollo regional es un tema clave, con lo que los programas de integración intentan llevar procesos de inversión en infraestructura a los lugares con más atrasos para que éstas sean más competitivas".

De acuerdo a (Berechman, 2002), un problema grave al que se enfrentan los individuos es la congestión y la pérdida de tiempo, donde la infraestructura mejora la accesibilidad y alivia la congestión. Para este autor y para (Vickerman, 2001), el efecto de la inversión en infraestructura debe analizarse en relación con su potencial contribución a la capacidad y eficiencia operacional del sistema, destacando las externalidades positivas, como el incremento en la productividad, la reducción de los costos de producción y un uso más eficiente de los recursos, donde dichas externalidades se representan en economías a escala, de alcance, aglomeración, densidad y red. El efecto combinado de estos recursos genera crecimiento económico, medido por los cambios anuales en la producción, el empleo y la productividad.

Para Colombia (Perdomo, 2005), utiliza un modelo de equilibrio general computable dinámico para analizar el impacto de realizar una política de mejoramiento con las características de la infraestructura de transporte sobre la economía colombiana, llegando a la conclusión "que la inversión pública en infraestructura de transporte tiene un impacto positivo sobre la economía." Los resultados del modelo determinan que "un incremento permanente de un punto porcentual de este tipo de inversión, como porcentaje del producto interno bruto (PIB), le permite al país tener ganancias importantes en términos de crecimiento económico…en cien años el PIB sería más del doble al que se tendría si no se hubiera tomado la política."

## 1.3 OBJETIVOS

La presente investigación busca identificar a partir de los estudios relacionados con la modelación de tours, los atributos demográficos, sociales y económicos que inciden de manera significativa para realizar la caracterización de los tours, en la Matriz de Origen y Destino del Valle de Aburrá, obtenida en el año 2012.

Una vez obtenida la caracterización de los tours, se calibra y corre un modelo seleccionado, por medio del software Biogeme, permitiendo el análisis de los resultados y la deducción de conclusiones que sirvan para la aplicación de la nueva metodología, determinando la demanda de transporte, y la alineación de esta modelación para futuras aplicaciones en otros escenarios.

### 1.3.1 Objetivo general

Cuantificar el estado actual del reparto modal de la demanda de transporte en 2 comunas del Municipio de Medellín; El Poblado y Laureles, mediante el uso de modelación basada en tours.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los tipos de tours existentes en la Matriz de Origen y Destino del Valle de Aburrá obtenida en el año 2012.

- Modelar el reparto modal de la demanda de viajes por tipo de usuarios y actividades.

- Identificar posibles incidencias de las variables, tales como: las características que cambian para cada hogar y persona, los tiempos de viajes, duración de paradas, entre otras.

# 2 MARCO TEÓRICO

La modelación desagregada de la demanda del transporte, se realiza a partir de dos enfoques distintos, que sirven de soporte para explicar la manera lógica en que se desplazan los individuos. Uno de ellos se basa en las actividades, las cuales se clasifican según su duración y se conciben como el principal parámetro decisivo del individuo en sus viajes, el otro enfoque se basa en los tours, éstos encadenan los viajes de los individuos, relacionando de manera más real y consecuente los aspectos de comportamiento.

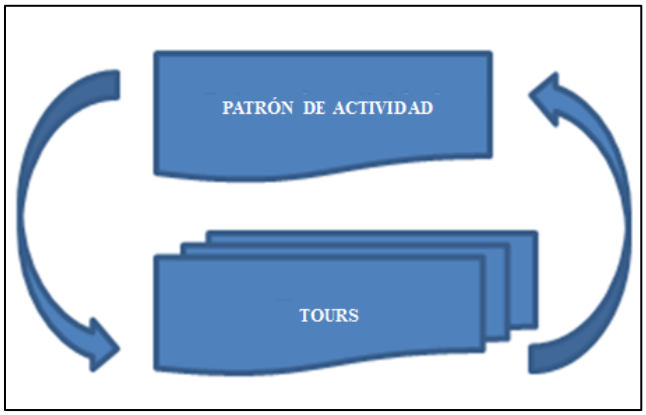
La primera aplicación práctica de un modelo de demanda de trasporte basado en actividades, fue propuesta en 1994 por Ben-Akiva, y posteriormente demostrada como un prototipo para el área metropolitana de Boston, Estados Unidos (Bowman, 1995; Ben-Akiva y Bowman, 1996).

El desarrollo del modelo de actividades programadas**,** puede ser visto como el tercer paso en la evolución de los modelos desagregados. En la primera etapa de evolución, los modelos desagregados basados en viajes, ofrecieron una visión parcial representada en las limitaciones de tiempo y espacio con las interacciones del hogar. Un segundo paso en la evolución se llevó a cabo con la introducción de modelos basados en tours en los Países Bajos en el año 1983, captando el efecto de encadenamiento de viajes mediante el uso del tours como la unidad básica de decisión, es decir, todas las actividades y los desplazamientos se producen entre una salida del hogar y su posterior regreso. Los sistemas basados en este modelo se desarrollaron para Estocolmo, Suecia en el año 1995, para el sistema italiano de transporte (Cascetta y Biggiero, 1997), para el modelamiento del transporte urbano en Boise, capital de Idaho, Estados Unidos (Shiftan, 1995) y New-Hampshire, Estados Unidos (Rossi y Shiftan, 1997). El tercer paso en la evolución del modelo, lo representa la elección del individuo sobre las actividades y los viajes durante todo un día (programa de actividades, o el horario), extendiéndose a los aspectos de viaje y los modelos basados en tours, pudiéndose integrar con otros componentes existentes de los modelos de predicción, incluyendo el uso de la tierra, la movilidad y los modelos de oferta de transporte.

Los modelos desagregados basados en tours han sido aplicados para ciudades de países en subdesarrollo como Yakarta, Indonesia, (Yagi S. y Mohammadian A., 2006). Este sistema adoptó principalmente una estructura que lograra preservar con coherencia el modo, destino y la hora a través de los viajes. El modelo fue desarrollado utilizando encuestas disponibles de actividades diarias y datos tomados a partir de encuestas de viajes a los hogares. Se trató de un sistema de utilidad aleatoria utilizando de manera jerárquica el modelo logit anidado de forma desagregada.

El modelo basado en tours, se enfoca en que el comportamiento de la demanda de una actividad y del viaje, es visto como una opción entre todas las combinaciones posibles de las actividades y los viajes en el transcurso de un día, tal como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 1. Patrón de análisis**




**Fuente: Bowman, J.L, et al. 1998.**

El programa consta de un conjunto de recorridos vinculados, unidos por un patrón de actividad global. El patrón se extiende más allá de la vinculación de un modelo basado en tours, incluyendo a todos los tours que se producen en un solo día y las actividades relacionadas con el hogar, así explícitamente representa la demanda diaria total, y la capacidad de los individuos de hacer intertour-hogar versus el comercio-tour. Por ejemplo, el modelo captura la elección entre el combinar las actividades en un único tour y difundirlos entre los múltiples recorridos, incorporando los factores que influyen en este tipo de decisión.

En el modelo, las decisiones del tour están condicionadas, o restringidas, por la elección del patrón de actividad. Esto se basa en la idea de que algunas decisiones sobre el programa básico y el patrón de las actividades del día tienen prioridad sobre los detalles de las decisiones de viaje. La probabilidad de una actividad programada en particular, se expresa como el producto de una probabilidad marginal y una probabilidad condicional de tours. Matemáticamente se puede expresar como en la ecuación (1):

$$\text{Probabilidad (programa)} = \text{Probabilidad (patrón)} \times \text{Probabilidad}\left(\frac{\text{tour}}{\text{patrón}}\right) \quad (1)$$

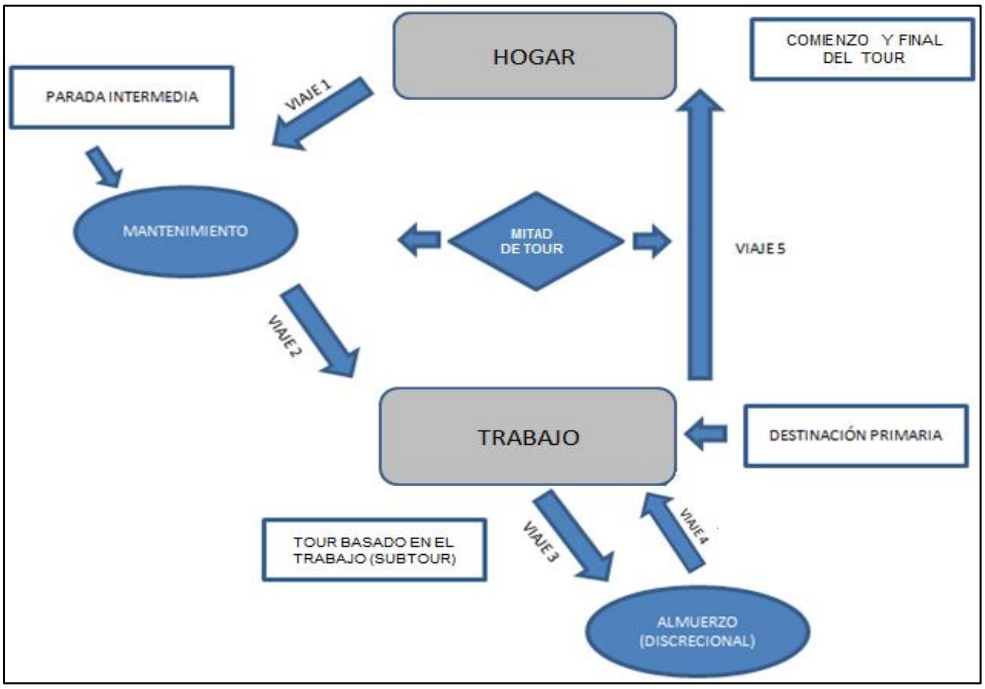
Donde la probabilidad de un programa es la probabilidad de un patrón de actividad en particular y el condicional es la probabilidad del tour, entendiéndose como la probabilidad de un conjunto particular de viajes, dada la elección del patrón.

La elección del patrón no es independiente de las decisiones condicionales en tours. Más bien, la relación atractiva de la utilidad de un patrón, depende del valor esperado de la máxima utilidad adquirida en los viajes asociados. A través de esta utilidad esperada, la probabilidad de elección del patrón es una función de los atributos de todos los viajes de las alternativas disponibles. Ésta utilidad, captura la sensibilidad relacionada con la elección de un patrón, incluyendo los tours hogar y los tours comercio, como los posibles recorridos realizados por el individuo que se vinculan al mismo tour, capturando los efectos de la continuidad en los desplazamientos, respecto a la selección del patrón ya mencionado (las características espaciales y el nivel de servicio del sistema de trasporte) siendo una muy importante característica del modelo.

Concepto de Tour

Un tour está definido como una secuencia de segmentos de viaje que empiezan y terminan en el hogar. Cada tour puede tener un número de paradas, clasificadas para tres fines: subsistencia (trabajo o estudio), mantenimiento y discrecional. Cada viaje tiene un destino principal. El trabajo es el destino principal para los tours de trabajo cuya parada excede el umbral de duración. Para otros tours la determinación del destino principal, es un conjunto de normas basadas en la combinación del propósito y la duración de las actividades. La Figura 2. ilustra los conceptos de tours que son importantes para comprender la estructura del modelo.

**Figura 2. Esquema del tour**




**Fuente: Bowman, J.L, et al. (1998).**

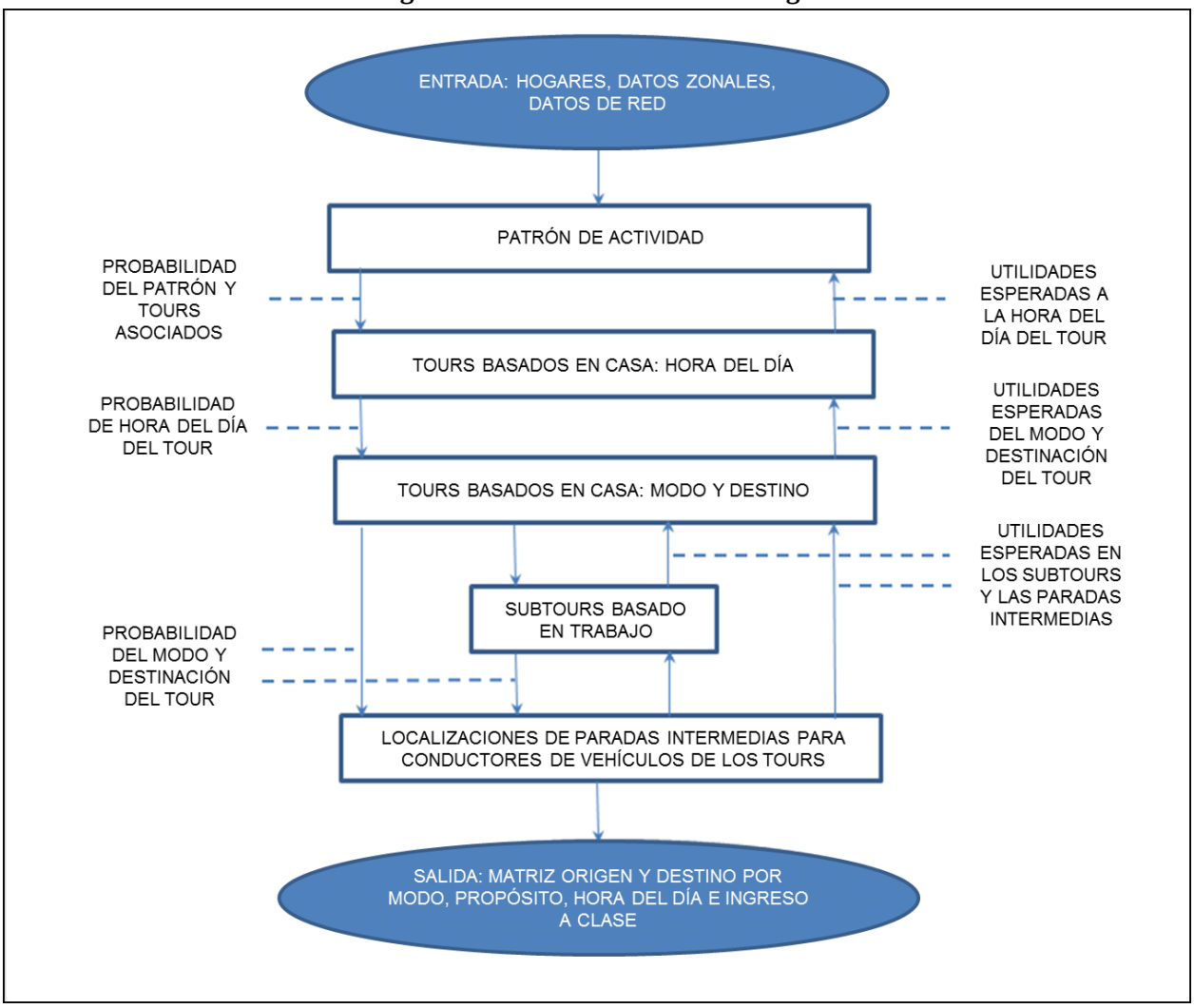
La porción del tour desde el hogar al destino principal es llamado mitad del tour, y el recorrido después del destino principal hacia el hogar es la otra mitad del tour. Todas las paradas distintas del destino principal se llaman paradas intermedias. Una o más actividades pueden tener lugar en cada ubicación de la parada, por lo que la duración de una parada puede ser bastante larga, aunque por lo general es menor que el tiempo invertido en el destino principal.

Los tours de subsistencia pueden estar basados en el trabajo o en el estudio. Un tour basado en el trabajo se define como una secuencia de segmentos de viaje que se inician en el trabajo y finalizan en el trabajo (subtour). Por ejemplo, una persona que abandona el trabajo para el almuerzo y vuelve a la oficina está haciendo un subtour basado en trabajo.

La estructura general de la Figura 3. muestra la actividad de un sistema basado en el modelo. Se trata de un sistema de modelos Logit desagregados y modelos Logit jerárquicos, asumiendo una jerarquía de los

componentes del modelo, con cinco tipos de jerarquía. Las opciones del nivel inferior están supeditados a las decisiones en los más altos niveles, y las decisiones del alto nivel son informadas desde los niveles inferiores a través de la utilidad esperada de (accesibilidad) variables.

**Figura 3. Estructura del modelo logit**




**Fuente: Bowman, J.L, et al. (1998).**

Los modelos se desagregan incluyendo descripciones demográficas y socioeconómicas, variables que pueden cambiar para cada hogar y persona en la muestra. Residencialmente el uso del suelo también se puede incluir en los modelos en la zona de tráfico. También se pueden incluir otras variables relativas al uso y destino del suelo, los tiempos de la red, los costos para los vehículos y el tránsito, los modelos de destino y de parada intermedia. Estas variables no se utilizan directamente en el momento del día o en los modelos de patrones de actividad, pero su influencia es capturada a través de las variables de "accesibilidad logsum", que representan la utilidad esperada en todos los modos posibles y destinos en el nivel inferior (Bowman, Bradley, Shiftan, Lawton y Akiva, 1998).

Algunas investigaciones afirman que las actividades se planifican y ejecutan de acuerdo a una jerarquía

fija de clases de actividad. (Doherty S. T. y Mohammadian A., 2007), por otra parte, se resalta la importancia de explicar el orden de las actividades y el modo de transporte (Krysman S., Arentze T. y Timmermans H., 2006). En estudios recientes, los modelos basados en tours en sistemas multidimensionales incluyen en general la totalidad o parte de recorrido, el número de paradas intermedias, elección de la hora del día, elección del modo, el propósito de la parada intermedia, el número de paradas en el viaje, el destino primario y la duración de la actividad (Paleti R. et al., 2012).

La complejidad de los grandes sistemas multidimensionales, modelos de sistemas de elección con una mezcla de variables endógenas, da origen a la utilización de métodos de ecuaciones estructurales. Paleti R. et al. muestran que los modelos de ecuaciones estructurales con múltiples variables endógenas pueden ser modeladas en forma simultánea, teniendo en cuenta que no se pueden acomodar variables multinomiales de elección como: la elección de destino, modo, hora del día y tipo de actividad. Por medio de las ecuaciones estructurales se evita la simulación y provee un buen manejo de la multidimensionalidad. Con los modelos de elección multidimensional, de manera conjunta (los cuatro atributos), se evita también el no reconocimiento de la presencia de atributos no observados que se encuentran correlacionados y pueden introducir error en la predicción.

También se consideraron un conjunto de variables endógenas que caracterizan las actividades de los tour para los sistemas basados en la modelación de viajes, estableciéndose 4 atributos:

- Complejidad del recorrido (número de paradas)
- Acompañamiento de pasajeros
- Elección del tipo de vehículo
- Longitud total del tour

Los resultados son significativos cuando existe un pasajero acompañante, debido a que éste incide en la estructura del tour (ir a cenar, ir al cine, existe una predisposición a realizar paradas intermedias). Se estableció una clara relación entre el tipo de vehículo y la longitud del tour, indicando que los vehículos más espaciosos tipo van o camioneta, son en su mayoría elegidos para tours largos. Así mismo, Paleti R. et al. sugieren que el uso de vehículos con una mayor eficiencia en el consumo de combustible puede potencializar el uso de estos tipos de vehículos para recorrer tours más largos, pero señalan la posibilidad que los beneficios percibidos, por el ahorro de combustible y las emisiones de partículas, no sean lo suficientemente significativos y por el contrario se produzcan aumentos de la congestión vehicular en las carreteras.

En otros estudios la modelación basada en tour desagregados se presenta como una composición de varios modelos que son vinculados y aplicados secuencialmente en orden. La estructura del modelo basado en viajes, en cuanto a la forma de la zona, las variables socioeconómicas y las redes, es similar a lo considerado en la modelación de tours, tal como lo indican (Anderson, Giaimo, Bhat, Ferdous y Schmitt 2011). Los autores consideran dos enfoques de comparación: El primero examinando el nivel de volumen de tráfico por tipo de instalación (interestatal, autopista, arteria, colectora o local), el segundo enfoque, examinando el volumen de tráfico por volumen agrupado, estableciendo cuatro áreas específicas de proyectos, antes y después de los estudios. Al realizar la comparación de ambas modelaciones, se

evidencia que el modelo de viajes asigna un mayor volumen de viajes en las circunvalares o anillos de conexión perimetrales, mientras que el modelo basado en tours se concentra en asignar más viajes en las vías arterias urbanas, el modelo captura las preferencias que tienen algunas vías para el desplazamiento de los individuos, desde los aspectos comportamentales del tour, mostrando posibles sectores donde se pueden tener efectos de congestión debido a la frecuencia de los usuarios. La justificación de esta diferencia, en las asignaciones de ambos modelos, se da por la existencia de viajes no basados en el hogar. Al realizar comparaciones de los resultados de los modelos con el nivel de desarrollo del suelo, se encontró correspondencia en ambos modelos, con lo esperado, según el nivel de desarrollo.

Otro estudio realizado por (Ferdous N., et al., 2011) se enfocó en comparar el desempeño de los modelos basados en viajes, frente a los tours, bajo el contexto de proyectos de autopistas. Comparando las predicciones del comportamiento de viaje antes y después de las mejoras, que se han llevado a cabo en los últimos 15 años, en el área metropolitana de Columbus, Ohio. Se identificaron 3 zonas de proyectos, que comprendían sectores con grandes crecimientos de desarrollo en los últimos 20 años, construcciones, intercambios viales y ampliaciones. Así mismo, consideraron para al análisis zonas que no tuvieran mejoras y sólo algunas afectaciones por cambios en el uso del suelo. A nivel regional, (Ferdous N., et al., 2011) concluyen que la modelación basada en tours arroja mejores resultados que el modelo basado en viajes. Además resaltan que la principal dificultad en esta investigación, fue traducir los resultados a una misma unidad común de viaje y por ello hacer declaraciones definitivas acerca de la superioridad de un modelo sobre otro no es fácil de realizar. En general los procedimientos de la modelación basada en tours a nivel de la propiedad de vehículo, necesita más investigación, ya que tuvo un desempeño inferior en la mayoría de los condados.

Desde otra perspectiva, (Liu y Ducca, 2011) analizaron 5 dimensiones de forma urbana determinando de esta manera la relación que existe con los viajes, entendiendo que las características de la forma urbana están vinculadas con la densidad de diseño, la diversidad, accesibilidad y la distancia de tránsito. Ellos establecieron las variables demográficas típicas: familia, personas, vehículo y viaje diario. Los autores realizaron comparaciones para los viajes individuales y los tours mediante el uso de ecuaciones estructurales, obteniendo mejores resultados en las predicciones basadas en tours que las basadas en viajes. Ellos concluyen que los modelos basados en tours detallan o representan mejor los desplazamientos de las personas por la vinculación de los viajes. Encontraron que el enfoque en tours permite incorporar elementos significativos en la realización de viajes tales como el número de paradas en el tour. Además, hallaron que diferentes formas urbanas tienen variedad de incidencias en los tours. Zonas urbanas localizadas cerca a los sitios de trabajo tendrían más influencia, en el viaje, que zonas urbanas cerca al lugar de residencia, ya que para estas últimas tendría un vínculo más fuerte con los viajes basados en el hogar no basados en el trabajo. Liu y Ducca clasificaron los tours considerando los siguientes tres propósitos: basados en el hogar y de trabajo, mezcla de basados en el hogar: de trabajo y no trabajo, y basados en el hogar y no trabajo. Ellos realizaron varios tipos de desagregación de los tours y encontraron que los tours de autos desagregados por propósitos mejora el desempeño de la modelación, utilizando como indicador el error cuadrático.

# 3 INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO EN LAS COMUNAS OBJETO DE ESTUDIO EN EL MUNICIPIO DE MEDELLÍN

La información que se detalla en el presente capítulo proviene de una revisión realizada al Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012, dicha información se revisó con el propósito de observar cuales son los patrones de comportamiento que pueden influenciar a las personas en el momento de optar por realizar un tour. Asimismo, con esta revisión se logra limitar el sector de estudio en la presente investigación.

## 3.1 ANTECEDENTES DE LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO EN LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE MEDELLÍN

Tal como lo indica el Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- desde la década de los noventa, se realizó una encuesta relacionada con los viajes que por movilidad obligada (trabajo y estudio) realizaban como primer viaje los habitantes del Valle de Aburrá, y el modo de transporte utilizado, en una iniciativa de Planeación Municipal de Medellín quien acudió a Empresas Públicas de Medellín (EPM) para que en su recibo de servicios incluyera dicha encuesta.

El Área Metropolitana ha realizado estudios mediante aforos en las rutas de buses, aparte de otros estudios realizados en el Sistema Metro de Medellín. En 2005 para la realización de la encuesta origen destino de hogares se encuestó el 2.3% de la población.

Las Encuestas Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá actualmente realizadas, finalizaron en el año 2012, mediante un estudio realizado por la Universidad Nacional, el Municipio de Medellín, el Área Metropolitana y el Departamento Administrativo de Planeación de Medellín.

En la presente investigación se cuenta con información de la zona de estudio proyectada al año 2011, realizada por el Municipio de Medellín en convenio con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), entre septiembre de 2009 y junio de 2010, dicha información es una proyección de la población del municipio al año 2011 a partir del censo de 2005.

Los resultados obtenidos, en el Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- que hacen referencia a la zona de estudio de esta investigación, se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Proyección de la población**

| Comuna o corregimiento | Proyección población a 2011 |
|---|---|
| Popular | 127696 |
| Santa Cruz | 108703 |

| Comuna o corregimiento | Proyección población a 2011 |
|---|---|
| Manrique | 156112 |
| Aranjuez | 160581 |
| Castilla | 147159 |
| Doce de Octubre | 190940 |
| Robledo | 165311 |
| Villa Hermosa | 135003 |
| Buenos Aires | 135422 |
| La Candelaria | 85117 |
| Laureles-Estadio | 120996 |
| La América | 94649 |
| San Javier | 134933 |
| El Poblado | 122489 |
| Guayabal | 91937 |
| Belén | 194174 |
| Palmitas | 4729 |
| San Cristóbal | 63774 |
| Altavista | 30458 |
| San Antonio | 82901 |
| Santa Elena | 15198 |
| Suma Comunas | 2171222 |
| Suma corregimientos | 197060 |
| **Total Medellín** | **2368282** |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

## 3.2 ZONIFICACIÓN

En la zonificación del Sistema Integrado de Transporte (SIT) del Valle de Aburrá existente en el año 2005, en la cual se tenían 419 zonas, se realizó un análisis para su actualización, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- El uso del suelo, procurando homogeneidad en cada una de las zonas.
- Nuevos puntos atractores de viajes en la ciudad.
- Proyectos de expansión a futuro planteados en el POT de cada municipio.
- La zonificación realizada en 2010 por Steer Davis Gleave (SDG) en el estudio de movilidad para los macroproyectos de las centralidades Norte y Sur del Valle de Aburrá.

Por lo anterior, fueron adicionadas 37 zonas más, para un total 456 zonas SIT (zonas del Sistema Integrado de Transporte).

En las Tablas 2, 3 y 4 se muestra la lista de zonas SIT 2011 para el municipio de Medellín.

**Tabla 2. Zonificación 2011 para el municipio de Medellín**

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| **Comuna 1: Popular** | | | |
| 2270 | 227 | 1001062270 | Villa Guadalupe |
| 2280 | 228 | 1001052280 | Moscú # 2 |
| 2290 | 229 | 1001072290 | San Pablo |
| 2300 | 230 | 1001042300 | Granizal |
| 3380 | 338 | 1001043380 | Granizal |
| 3390 | 339 | 1001043390 | Granizal |
| 3400 | 340 | 1001033400 | Popular |
| 3410 | 341 | 1001033410 | Popular |
| 3420 | 342 | 1001033420 | Popular |
| 3430 | 343 | 1001033430 | Popular |
| 3440 | 344 | 1001033440 | Popular |
| 3450 | 345 | 1001033450 | Popular |
| 3460 | 346 | 1001013460 | Santo Domingo Savio # 1 |
| 3470 | 347 | 1001013470 | Santo Domingo Savio # 1 |
| 3480 | 348 | 1001013480 | Santo Domingo Savio # 1 |
| 3490 | 349 | 1001013490 | Santo Domingo Savio # 1 |
| 3500 | 350 | 1001013500 | Santo Domingo Savio # 1 |
| 3510 | 351 | 1001013510 | Santo Domingo Savio # 1 |
| 3520 | 352 | 1001023520 | Santo Domingo Savio # 2 |
| 3530 | 353 | 1001103530 | Esperanza # 2 |
| 3540 | 354 | 1001123540 | La Avanzada |
| 3550 | 355 | 1001123550 | Carpinelo |
| 3560 | 356 | 1001093560 | El Compromiso - Aldea Pablo VI |
| **Comuna 2: Santa Cruz** | | | |
| 1930 | 193 | 1002021930 | Playón de los C. - La Frontera - Pablo vi |
| 1940 | 194 | 1002011940 | La Isla |
| 1970 | 197 | 1002081970 | Villa Niza |
| 1980 | 198 | 1002071980 | Villa Del Socorro |
| 2000 | 200 | 1002092000 | Moscú # 1 |
| 2011 | 201A | 1002112011 | La Rosa |
| 2012 | 201B | 1002102012 | Santa Cruz |
| 3300 | 330 | 1002063300 | Andalucía |
| 3310 | 331 | 1002063310 | Andalucía |
| 3320 | 332 | 1002053320 | La Francia |
| 3330 | 333 | 1002053330 | La Francia |
| 3340 | 334 | 1002063340 | Andalucía |
| 3350 | 335 | 1002053350 | La Francia |
| 3360 | 336 | 1002073360 | Villa Del Socorro |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 3370 | 337 | 1002073370 | Villa Del Socorro |
| **Comuna 3: Manrique** | | | |
| 2130 | 213 | 1003072130 | Manrique Central # 2 |
| 2140 | 214 | 1003082140 | Manrique Oriental |
| 2150 | 215 | 1003092150 | Versalles # 1 - Versalles # 2 |
| 2160 | 216 | 1003052160 | El Raizal |
| 2170 | 217 | 1003062170 | El Pomar |
| 2180 | 218 | 1003042180 | Santa Inés |
| 2190 | 219 | 1003032190 | Campo Valdés # 2 |
| 2230 | 223 | 1003022230 | Las Granjas |
| 2240 | 224 | 1003022240 | Las Granjas |
| 2250 | 225 | 1003012250 | La Salle |
| 2260 | 226 | 1003012260 | La Salle |
| 3571 | 357A | 1003153571 | San José de la Cima # 1 |
| 3572 | 357B | 1003133572 | Maria Cano Carambolas |
| 3580 | 358 | 1003123580 | Oriente |
| 4000 | 400 | 1003114000 | La Cruz |
| **Comuna 4: Aranjuez** | | | |
| 0110 | 11 | 1004520110 | Hospital San Vicente de Paul |
| 2021 | 202A | 1004022021 | San Isidro |
| 2022 | 202B | 1004032022 | Palermo |
| 2030 | 203 | 1004012030 | Berlín |
| 2040 | 204 | 1004122040 | La Piñuela |
| 2050 | 205 | 1004132050 | Aranjuez |
| 2060 | 206 | 1004042060 | Bermejal Los Álamos |
| 2070 | 207 | 1004052070 | Moravia |
| 2081 | 208A | 1004502081 | Jardín Botánico |
| 2082 | 208B | 1004512082 | Parque J. Emilio Valderrama |
| 2090 | 209 | 1004522090 | Universidad DE Antioquia |
| 2100 | 210 | 1004072100 | Sevilla |
| 2110 | 211 | 1004082110 | San Pedro |
| 2120 | 212 | 1004092120 | Manrique Central # 1 |
| 2200 | 220 | 1004102200 | Campo Valdés # 1 |
| 2211 | 221A | 1004142211 | Brasilia |
| 2212 | 221B | 1004152212 | Miranda |
| 2220 | 222 | 1004112220 | Las Esmeraldas |
| **Comuna 5: Castilla** | | | |
| 1600 | 160 | 1005191600 | Progreso |
| 1610 | 161 | 1005191610 | Progreso |
| 1790 | 179 | 1005511790 | Cementerio Universal |
| 1801 | 180A | 1005171801 | Caribe |
| 1802 | 180B | 1005171802 | Caribe (Terminal) |
| 1810 | 181 | 1005501810 | Terminal de Transporte |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 1820 | 182 | 1005521820 | Oleoducto |
| 1830 | 183 | 1005141830 | Alfonso López |
| 1840 | 184 | 1005131840 | Francisco Antonio Zea |
| 1850 | 185 | 1005111850 | Castilla |
| 1860 | 186 | 1005081860 | Tricentenario Belalcazar |
| 1870 | 187 | 1005091870 | Girardot |
| 1881 | 188A | 1005041881 | Tejelo |
| 1882 | 188B | 1005031882 | Florencia |
| 1890 | 189 | 1005051890 | Boyacá |
| 1900 | 190 | 1005071900 | Plaza De Ferias - Hector Abad Gómez |
| 1910 | 191 | 1005021910 | Las Brisas |
| 1920 | 192 | 1005011920 | Toscana |
| **Comuna 6: 12 de Octubre** | | | |
| 1680 | 168 | 1006081680 | Picacho - Picachito |
| 1690 | 169 | 1006121690 | Progreso # 2 - El Triunfo - Mirador del 12 |
| 1700 | 170 | 1006021700 | 12 De Octubre # 1 |
| 1710 | 171 | 1006021710 | 12 De Octubre # 1 |
| 1720 | 172 | 1006011720 | Santander |
| 1730 | 173 | 1006041730 | Pedregal |
| 1740 | 174 | 1006031740 | 12 de Octubre # 2 |
| 1750 | 175 | 1006061750 | San Martín de Porres |
| 1760 | 176 | 1006051760 | La Esperanza |
| 1770 | 177 | 1006071770 | Kenedy |
| **Comuna 7: Robledo** | | | |
| 1482 | 148B | 1007221482 | Olaya Herrera |
| 1500 | 150 | 1007201500 | Santa Margarita |
| 1501 | 150A | 1007201501 | Aurora |
| 1511 | 151A | 1007171511 | Robledo |
| 1512 | 151B | 1007191512 | Fuente Clara |
| 1520 | 152 | 1007181520 | Cucaracho - Pajarito |
| 1531 | 153A | 1007161531 | Palenque |
| 1532 | 153B | 1007241532 | Monte Claro |
| 1540 | 154 | 1007161540 | Palenque |
| 1550 | 155 | 1007501550 | Facultad de Minas |
| 1560 | 156 | 1007511560 | Facultad de Veterinaria y Zootecnia U de A |
| 1570 | 157 | 1007031570 | San Germán |
| 1580 | 158 | 1007521580 | Ecoparque Cerro el Volador - Cerro el Volador |
| 1590 | 159 | 1007531590 | Universidad Nacional |
| 1620 | 162 | 1007061620 | La Pilarica |
| 1630 | 163 | 1007071630 | Altamira - Bosques de San Pablo |
| 1640 | 164 | 1007111640 | El Diamante |
| 1650 | 165 | 1007141650 | Bello Horizonte - Villa Flora |
| 1660 | 166 | 1007131660 | Aures # 1 |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 1670 | 167 | 1007121670 | Aures # 2 |
| 1780 | 178 | 1007091780 | López de Mesa - Córdoba |
| 3140 | 314 | 1007003140 | Sector Aguas Frias |
| 3150 | 315 | 1007003150 | La Loma |
| 3160 | 316 | 1007163160 | La Iguanà |
| **Comuna 8: Villa Hermosa** | | | |
| 0250 | 25 | 1008030250 | San Miguel |
| 0260 | 26 | 1008020260 | La Mansión |
| 0270 | 27 | 1008010270 | Villa Hermosa |
| 0280 | 28 | 1008040280 | La Ladera |
| 0290 | 29 | 1008080290 | Enciso |
| 0300 | 30 | 1008070300 | Los Mangos - 13 de Noviembre |
| 0310 | 31 | 1008060310 | Llanaditas |
| 0320 | 32 | 1008100320 | El Pinal |
| 0330 | 33 | 1008090330 | Sucre |
| 0390 | 39 | 1008120390 | La Libertad - Villatina- San Antonio |
| 0400 | 40 | 1008150400 | Villa Liliana-Las Estancias |
| 0410 | 41 | 1008160410 | Villa Turbay - La Sierra |
| **Comuna 9: Buenos Aires** | | | |
| 0340 | 34 | 1009060340 | Barrio Caicedo |
| 0350 | 35 | 1009070350 | Buenos Aires |
| 0360 | 36 | 1009080360 | Miraflores |
| 0370 | 37 | 1009040370 | Los Cerros El Vergel |
| 0380 | 38 | 1009050380 | Alejando Echavarría |
| 0420 | 42 | 1009170420 | Barrio de Jesús - 8 de Marzo |
| 0430 | 43 | 1009030430 | Bombona # 2 |
| 0440 | 44 | 1009100440 | Cataluña - La Milagrosa |
| 0450 | 45 | 1009110450 | Gerona |
| 0460 | 46 | 1009120460 | El Salvador |
| 0470 | 47 | 1009130470 | Loreto |
| 0480 | 48 | 1009160480 | Asomadera # 3 |
| 0481 | 48A | 1009160481 | Asomadera # 3 |
| 0490 | 49 | 1009150490 | Asomadera # 2 |
| 0500 | 50 | 1009140500 | Asomadera # 1 |
| 0822 | 82B | 1009500822 | Parque Juan Pablo Segundo |
| **Comuna 10: La Candelaria** | | | |
| 0011 | 1A | 1010190011 | La Candelaria |
| 0012 | 1B | 1010190012 | La Candelaria |
| 0021 | 2A | 1010030021 | Jesús Nazareno |
| 0022 | 2B | 1010050022 | Estación Villa |
| 0030 | 3 | 1010060030 | San Benito |
| 0040 | 4 | 1010070040 | Guayaquil |
| 0050 | 5 | 1010070050 | Guayaquil |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 0060 | 6 | 1010130060 | Colón |
| 0071 | 7A | 1010190071 | La Candelaria |
| 0072 | 7B | 1010190072 | La Candelaria |
| 0081 | 8A | 1010180081 | Villa Nueva |
| 0082 | 8B | 1010180082 | Villa Nueva |
| 0090 | 9 | 1010010090 | Prado |
| 0100 | 10 | 1010010100 | Prado |
| 0120 | 12 | 1010030120 | Jesús Nazareno |
| 0130 | 13 | 1010040130 | El Chagualo |
| 0141 | 14A | 1010060141 | San Benito |
| 0142 | 14B | 1010060142 | San Benito |
| 0151 | 15A | 1010080151 | Corazón de Jesús |
| 0152 | 15B | 1010080152 | Corazón de Jesús |
| 0161 | 16A | 1010510161 | La Alpujarra |
| 0162 | 16B | 1010510162 | La Alpujarra |
| 0170 | 17 | 1010500170 | Centro Administrativo |
| 0181 | 18A | 1010110181 | Calle Nueva |
| 0182 | 18B | 1010110182 | Calle Nueva |
| 0190 | 19 | 1010120190 | Perpetuo Socorro |
| 0200 | 20 | 1010130200 | Colón |
| 0210 | 21 | 1010140210 | Las Palmas |
| 0220 | 22 | 1010150220 | Bombona # 1 |
| 0231 | 23A | 1010160231 | Boston |
| 0232 | 23B | 1010160232 | Boston |
| 0240 | 24 | 1010170240 | Los Ángeles |
| 0510 | 51 | 1010200510 | San Diego |
| 0520 | 52 | 1010120520 | Perpetuo Socorro |
| **Comuna 11: Laureles Estadio** | | | |
| 1040 | 104 | 1011101040 | La Castellana |
| 1061 | 106A | 1011091061 | Las Acacias |
| 1062 | 106B | 1011101062 | La Castellana |
| 1081 | 108A | 1011081081 | Laureles |
| 1090 | 109 | 1011501090 | UPB |
| 1101 | 110A | 1011051101 | Los Conquistadores |
| 1102 | 110B | 1011051102 | Los Conquistadores |
| 1110 | 111 | 1011041110 | San Joaquín |
| 1120 | 112 | 1011071120 | Bolivariana |
| 1130 | 113 | 1011081130 | Laureles |
| 1140 | 114 | 1011111140 | Lorena |
| 1350 | 135 | 1011121350 | El Velódromo |
| 1360 | 136 | 1011171360 | Florida Nueva |
| 1370 | 137 | 1011031370 | Naranjal |
| 1380 | 138 | 1011021380 | Suramericana |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 1390 | 139 | 1011021390 | Suramericana |
| 1400 | 140 | 1011011400 | Carlos E Restrepo |
| 1410 | 141 | 1011151410 | Cuarta Brigada - Batallón Cuarta Brigada |
| 1420 | 142 | 1011511420 | Unidad Deportiva Atanasio Girardot |
| 1430 | 143 | 1011131430 | Estadio |
| 1440 | 144 | 1011141440 | Los Colores |
| 1490 | 149 | 1011501490 | Plan Parcial Altos de Calazans |
| **Comuna 12: La América** | | | |
| 1050 | 105 | 1012121050 | Santa Teresita |
| 1150 | 115 | 1012111150 | Simón Bolivar |
| 1160 | 116 | 1012101160 | Barrio Cristobal |
| 1170 | 117 | 1012091170 | Santa Mónica |
| 1180 | 118 | 1012081180 | Campo Alegre |
| 1300 | 130 | 1012071300 | Campo Alegre - El Danubio |
| 1312 | 131B | 1012061312 | Santa Lucia |
| 1320 | 132 | 1012051320 | La Floresta |
| 1330 | 133 | 1012041330 | La América |
| 1340 | 134 | 1012031340 | Los Pinos - El Velódromo |
| 1450 | 145 | 1012031450 | Ferrini |
| 1460 | 146 | 1012021460 | Calasanz |
| **Comuna 13: San Javier** | | | |
| 1190 | 119 | 1013111190 | Belencito |
| 1200 | 120 | 1013121200 | El Corazón - Betania |
| 1210 | 121 | 1013151210 | Nuevos Conquistadores |
| 1220 | 122 | 1013131220 | El Salado - Eduardo Santos |
| 1230 | 123 | 1013141230 | Las Independencias |
| 1240 | 124 | 1013101240 | 20 de julio |
| 1250 | 125 | 1013091250 | San Javier |
| 1260 | 126 | 1013181260 | Antonio Nariño - El Socorro |
| 1270 | 127 | 1013071270 | Juan XXIII - La Quiebra |
| 1280 | 128 | 1013061280 | La Pradera |
| 1290 | 129 | 1013081290 | San Javier # 2 |
| 1311 | 131A | 1013041311 | Los Alcázares |
| 1470 | 147 | 1013031470 | Santa Rosa de Lima |
| 1481 | 148A | 1013011481 | Calasania - Blanquizal - El Pesebre |
| **Comuna 14: El Poblado** | | | |
| 0530 | 53 | 1014010530 | Barrio Colombia |
| 0540 | 54 | 1014030540 | Villa Carlota |
| 0550 | 55 | 1014030550 | Villa Carlota |
| 0560 | 56 | 1014040560 | Castropol |
| 0570 | 57 | 1014050570 | Lalinde |
| 0580 | 58 | 1014060580 | Las Lomas # 1 |
| 0590 | 59 | 1014070590 | Las Lomas # 2 |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 0600 | 60 | 1014080600 | Altos del Poblado |
| 0610 | 61 | 1014080610 | Altos del Poblado |
| 0621 | 62A | 1014090621 | El Tesoro |
| 0622 | 62B | 1014090622 | El Tesoro |
| 0630 | 63 | 1014160630 | Alejandría |
| 0641 | 64A | 1014170641 | La Florida |
| 0642 | 64B | 1014170642 | La Florida |
| 0650 | 65 | 1014180650 | El Poblado |
| 0660 | 66 | 1014190660 | Manila |
| 0670 | 67 | 1014200670 | Astorga |
| 0681 | 68A | 1014210681 | Patio Bonito |
| 0682 | 68B | 1014210682 | Patio Bonito |
| 0691 | 69A | 1014220691 | La Aguacatala |
| 0692 | 69B | 1014220692 | La Aguacatala |
| 0701 | 70A | 1014150701 | Los Balsos # 2 |
| 0702 | 70B | 1014140702 | El Castillo |
| 0703 | 70C | 1014150703 | Los Balsos # 2 |
| 0704 | 70D | 1014140704 | El Castillo |
| 0710 | 71 | 1014160710 | Alejandría |
| 0721 | 72A | 1014100721 | Los Naranjos |
| 0722 | 72B | 1014100722 | Los Naranjos |
| 0730 | 73 | 1014110730 | Los Balsos # 1 |
| 0740 | 74 | 1014110740 | Los Balsos # 1 |
| 0751 | 75A | 1014120751 | San Lucas |
| 0752 | 75B | 1014120752 | San Lucas |
| 0760 | 76 | 1014130760 | El Diamante # 2 |
| 0770 | 77 | 1014230770 | Santa María de Los Ángeles |
| **Comuna 15: Guayabal** | | | |
| 0780 | 78 | 1015100780 | Guayabal |
| 0791 | 79A | 1015090791 | Cristo Rey |
| 0792 | 79B | 1015090792 | Cristo Rey |
| 0800 | 80 | 1015070800 | Campo Amor |
| 0810 | 81 | 1015070810 | Campo Amor |
| 0821 | 82A | 1015500821 | Juan Pablo Segundo |
| 0830 | 83 | 1015070830 | Campo Amor - Santa Fe |
| 0840 | 84 | 1015040840 | Santa Fe |
| 0951 | 95A | 1015110951 | La Colina |
| 3600 | 360 | 1015033600 | Trinidad |
| 3610 | 361 | 1015033610 | Trinidad |
| 3620 | 362 | 1015033620 | Trinidad |
| 3630 | 363 | 1015033630 | Trinidad |
| 3640 | 364 | 1015033640 | Trinidad |
| 3650 | 365 | 1015033650 | Trinidad |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 3660 | 366 | 1015033660 | Trinidad |
| 3670 | 367 | 1015043670 | Santa Fe |
| 3680 | 368 | 1015023680 | Tenche |
| **Comuna 16: Belén** | | | |
| 0920 | 92 | 1016060920 | Las Playas |
| 0931 | 93A | 1016070931 | Diego Echavarría |
| 0932 | 93B | 1016080932 | Diego Echavarría |
| 0940 | 94 | 1016510940 | El Rodeo |
| 0952 | 95B | 1016090952 | La Hondonada |
| 0960 | 96 | 1016100960 | El Rincón |
| 0970 | 97 | 1016110970 | Loma de Los Bernal-La Mota |
| 0971 | 97A | 1016000971 | Loma de Los Bernal |
| 0980 | 98 | 1016120980 | La Gloria |
| 0990 | 99 | 1016120990 | Altavista |
| 1000 | 100 | 1016131000 | Altavista |
| 1010 | 101 | 1016151010 | Los Alpes |
| 1030 | 103 | 1016171030 | Las Mercedes |
| 1070 | 107 | 1016191070 | Nueva Villa de Aburrá - Miravalle |
| 1082 | 108B | 1016201082 | Nogal Los Almendros |
| 3690 | 369 | 1016503690 | Cerro Nutibara |
| 3700 | 370 | 1016213700 | Cerro Nutibara |
| 3710 | 371 | 1016013710 | Fátima |
| 3720 | 372 | 1016013720 | Fátima |
| 3730 | 373 | 1016013730 | Fátima |
| 3740 | 374 | 1016013740 | Fátima |
| 3750 | 375 | 1016023750 | Rosales |
| 3760 | 376 | 1016023760 | Rosales |
| 3770 | 377 | 1016023770 | Rosales |
| 3780 | 378 | 1016033780 | La Palma |
| 3790 | 379 | 1016143790 | La Palma |
| 3800 | 380 | 1016143800 | La Palma |
| 3810 | 381 | 1016143810 | La Palma |
| 3820 | 382 | 1016033820 | Belén |
| 3830 | 383 | 1016033830 | Belén |
| 3840 | 384 | 1016033840 | Belén |
| 3850 | 385 | 1016043850 | Granada |
| 3860 | 386 | 1016043860 | Granada |
| 3870 | 387 | 1016053870 | San Bernardo |
| 3880 | 388 | 1016053880 | San Bernardo |
| 3890 | 389 | 1016053890 | San Bernardo |
| 3900 | 390 | 1016163900 | Las Violetas |
| 3910 | 391 | 1016163910 | Las Violetas |
| 3920 | 392 | 1016163920 | Las Violetas |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 3930 | 393 | 1016163930 | Las Violetas |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

**Tabla 3. Zonificación de los corregimientos de Medellín**

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 2420 | 242 | 1051002420 | Corregimiento de Palmitas |
| 2390 | 239 | 1061002390 | Corregimiento de San Cristobal |
| 2400 | 240 | 1071002400 | Corregimiento de Altavista |
| 2410 | 241 | 1081002410 | Corregimiento de San Antonio de Prado |
| 3260 | 326 | 1081003260 | Corregimiento de San Antonio de Prado |
| 4210 | 421 | 1081004210 | Corregimiento de San Antonio de Prado |
| 4220 | 422 | 1081004220 | Corregimiento de San Antonio de Prado |
| 4230 | 423 | 1081004230 | Corregimiento de San Antonio de Prado |
| 2430 | 243 | 1091002430 | Corregimiento de Santa Elena |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

Medellín cuenta con 17 zonas SIT en las cuales no existen viviendas (ver Tabla 4).

**Tabla 4. Zonas SIT de Medellín sin viviendas**

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 0110 | 11 | 1004011052 | Hospital San Vicente de Paul |
| 0161 | 16ª | 1010016151 | La Alpujarra |
| 0162 | 16B | 1010016251 | La Alpujarra |
| 0170 | 17 | 1010017050 | Centro Administrativo |
| 0822 | 82B | 1009082250 | Parque Juan Pablo Segundo |
| 0940 | 94 | 1016094051 | El Rodeo |
| 1090 | 109 | 1011109050 | UPB |
| 1420 | 142 | 1011142051 | Unidad Deportiva Atanasio Girardot |
| 1560 | 156 | 1007156051 | Facultad De Veterinaria Y Zootecnia U de A |
| 1590 | 159 | 1007159053 | Universidad Nacional |
| 1790 | 179 | 1005179051 | Cementerio Universal |
| 1802 | 180B | 1005180217 | Caribe (terminal) |
| 1810 | 181 | 1005181050 | Terminal de Transporte |
| 1820 | 182 | 1005182052 | Oleoducto |
| 2081 | 208ª | 1004208150 | Jardín Botánico |
| 2082 | 208B | 1004208251 | Parque J. Emilio Valderrama |

| Código Numérico SIT | Código alfanumérico SIT | Código Municipio/Comuna/Barrio/SIT | Nombre Zona SIT |
|---|---|---|---|
| 2090 | 209 | 1004209052 | Universidad de Antioquia |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

## 3.3 TAMAÑO MUESTRAL EN LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO

Las variables más relevantes en las encuestas del Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012, fueron las tasas de generación de viajes y matrices O/D por modo, motivo y período del día. En la elaboración del estudio, se determinó que el porcentaje que menor error a nivel de comunas tenía era un 2%, para que el número de hogares no fuera excesivo respecto al presupuesto (Smith, 1979); y se aumentó un 30% más la muestra, sabiendo que un porcentaje similar iba a ser rechazado teniendo en cuenta las experiencias de encuestas anteriores.

El diseño muestral para las encuestas O/D partió de la recomendación de (Bruton, 1985), indicado en la Tabla 5.

**Tabla 5. Tamaños muestrales recomendados internacionalmente**

| Población | Tamaño de la muestra (%) | |
|---|---|---|
| | Recomendado | Mínimo |
| Menos de 50000 | 20 | 10 |
| 50000-150000 | 12 | 5 |
| 150000-300000 | 10 | 3 |
| 300000-500000 | 7 | 2 |
| 500000-1000000 | 5 | 1,5 |
| Más de 1000000 | 4 | 1 |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

Para Medellín con cerca de 3 millones de habitantes, se propuso un tamaño de muestra de 1.8% y para los municipios restantes para poblaciones entre 50 y 150 mil habitantes, un 5.4%.

La población utilizada para la generación de la muestra, corresponde a la proyección realizada por el DANE a 2011, con base al censo de 2005. En la Tabla 6 se muestra los valores obtenidos y las viviendas calculadas y elegidas para la muestra.

En Medellín, con un tamaño muestral medio de 1.8%, la población abarcada por la muestra fue un 95% de la población total, ya que el 5% restante vive disperso en zonas rurales de difícil acceso y que no tienen gran incidencia en la movilidad urbana, objeto de las encuestas.

**Tabla 6. Muestra planeada para Medellín respecto al Valle de Aburrá**

| Municipio | Código | Población Proyección DANE 2011 | Población urbana cubierta | Población rural no cubierta | Habitantes por vivienda DANE2005 | Viviendas Totales urbanos 2011 | Viviendas de la muestra | % de Muestra | Muestras Globales |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Medellín | 10 | 2368382 | 2321382 | 47000 | 3.6 | 644828 | 11750 | 1.8% | 1.8% |
| V.de Aburrá | | 3592063 | 3403343 | 188720 | 3.62 | 943825 | 19063 | 2.00% | 2.0% |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

En el desarrollo del estudio de las encuestas O/D la población se ajustó a 2012 y la muestra lograda fue de 20007 hogares encuestados. Cabe anotar que los corregimientos adicionados en Medellín fueron San Antonio de Prado y San Cristóbal.

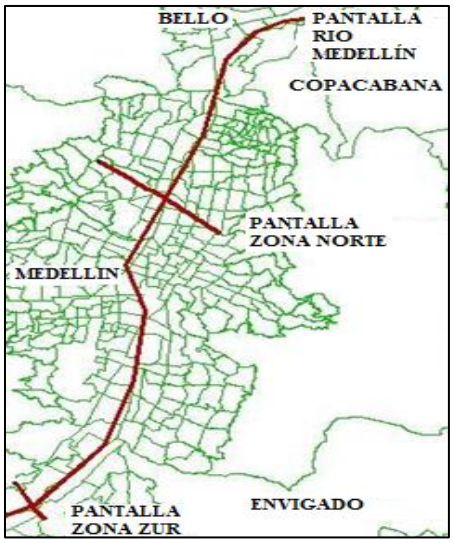
## 3.4 ESTUDIOS ADICIONALES A LA ENCUESTA ORIGEN DESTINO

Se realizaron estudios complementarios para mejorar la calidad de la información de la encuesta domiciliaria y lograr una mejor descripción de la movilidad en la región metropolitana. Tales estudios complementarios fueron encuestas y aforos en cordón, encuestas en estaciones de Metro diferentes a las que realiza la empresa Metro, aforos de tránsito en líneas pantalla.

### 3.4.1 Aforos de tránsito en líneas pantalla

En las Encuestas O/D se definió como línea pantalla principal el río Medellín. Adicionalmente, se establecieron algunas líneas pantallas adicionales al sur, y al norte.

**Figura 4. Ubicación de líneas pantalla de aforos en el Valle de Aburrá**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

Con base en lo anterior, se hicieron las siguientes mediciones para determinar la cantidad de personas que se mueven a través de las pantallas en un día laboral medio.

1. Aforos en Pantalla Longitudinal principal en el Río Medellín (PLRM)
2. Aforos en Pantalla Transversal principal Norte (PTN) y Pantalla Transversal Sur (PTS)
3. Estudio de Frecuencia y Ocupación Visual (FOV) de Transporte público y Ocupación visual del transporte privado y taxis en Pantallas longitudinales y transversales.

El detalle de estas mediciones puede ser consultado en el Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012.

### 3.4.2 Encuestas y aforos en cordón externo

Se realizaron estas actividades con el objetivo de captar los viajes que entran o salen del área de estudio. La información obtenida se utiliza para completar las matrices de viajes provenientes de la EOD, de los viajes que no son reportados en las encuestas a los hogares.

En 12 peajes alrededor del Área Metropolitana, se realizó la encuesta de cordón, los peajes fueron los siguientes:

- Copacabana y Trapiche al Norte,
- Guarne (“autopista”), Santa Elena, Variante de Palmas, Palmas, y Envigado, al Oriente
- Amagá y Primavera (Versalles) al Sur
- Túnel de Occidente, Ebéjico y San Pedro al Occidente

El detalle de estos aforos y encuestas puede ser consultado en el Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012.

## 3.5 EXPANSIÓN DE LA ENCUESTA DE HOGARES

Al finalizar la verificación de las encuestas realizadas en el estudio, fue necesario expandir la muestra para representar el total de la población. Para lograr ello se requirió información censal.

### 3.5.1 Universo de hogares

Como base de expansión se utilizaron las fuentes catastrales más recientes como es el caso del municipio de Medellín, ajustada por estratos según el número de viviendas por estrato.

### 3.5.2 Metodología para el cálculo de factores de expansión

Se buscó expandir la muestra estudiada, para un millón de hogares, en la que se encuestaron veinte mil, garantizando que los datos expandidos se distribuyan acorde con las características de la población. En

más del 90% de las zonas SIT se calculó el factor de expansión como la razón entre el total de hogares y el tamaño de la muestra en cada zona y en cada estrato; en menos de un 10% de las encuestas para todos estos casos de zonas con muestras pequeñas, se realizó una expansión conjunta; esto es, la muestra fue expandida por agregación de estratos.

Los valores medios de los factores de expansión son 57 para Medellín, se tuvo en cuenta como variable relevante el estrato socioeconómico de (1 a 6), de tal manera que para cada zona se estableció un factor diferente por cada estrato o grupo de estratos.

En la Tabla 7 aparece la distribución de las encuestas por estrato, las viviendas de los distintos municipios por estrato y los factores de expansión promedio ya comentados.

Se lograron realizar 20007 encuestas.

**Tabla 7. Viviendas por estrato y encuestas por estrato en cada municipio**

| **Viviendas Consideradas** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Municipio | Estrato 1 | Estrato 2 | Estrato 3 | Estrato 4 | Estrato 5 | Estrato 6 | Total |
| Medellín | 83611 | 259763 | 211286 | 75749 | 51600 | 31852 | **713862** |
| **Valle Aburra** | **109391** | **370017** | **333769** | **95294** | **62699** | **32642** | **1003813** |
| **Encuestas Realizadas** | | | | | | | |
| Municipio | Estrato 1 | Estrato 2 | Estrato 3 | Estrato 4 | Estrato 5 | Estrato 6 | Total |
| Medellín | 1466 | 4349 | 3672 | 1306 | 976 | 710 | **12479** |
| **Valle Aburra** | **2040** | **7712** | **6620** | **1688** | **1206** | **741** | **20007** |
| **Factores de Expansión Promedio** | | | | | | | |
| Municipio | Estrato 1 | Estrato 2 | Estrato 3 | Estrato 4 | Estrato 5 | Estrato 6 | Total |
| Medellín | 57 | 60 | 58 | 58 | 53 | 45 | **57** |
| **Valle Aburra** | **54** | **48** | **50** | **56** | **52** | **44** | **50** |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

En la Tabla 8 se indica para el municipio de Medellín la información utilizada para la validación de la encuesta de viajes en hogares.

**Tabla 8. Información disponible por municipio**

| **Municipio** | **N° Barrios** | **N° Veredas** | **Población 2011** | **Hogares 2011** | **N° IE Públicas** | **N° IE Privadas** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Medellín | 249 | 5 | 2368282 | 640076 | 408 | 438 |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

### 3.5.3 Rutas de transporte en el municipio de Medellín.

En la ciudad de Medellín existen 42 empresas de transporte público, que suman 170 rutas, que se

muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 9. Registradoras de Medellín analizadas en 2009**

| Empresa | N° Rutas | Empresa | N° Rutas |
|---|---|---|---|
| Autobuses El Poblado Laureles S.A | 8 | Cootransi | 1 |
| Autocol | 1 | Cootransmallat | 2 |
| Coinvetrans | 2 | Cootransmón | 1 |
| Combuses S.A | 10 | Cootranspínal | 2 |
| Conducciones América | 17 | Cootransvi | 1 |
| Conducciones Palenque Robledal | 10 | Cootrasana | 5 |
| Coometropol | 2 | Expreso Campo Valdés | 5 |
| Coonaltracoop | 1 | Flota La Milagrosa | 6 |
| Coonatra | 14 | Flota la V | 4 |
| Coopatra | 8 | Flota Nueva Villa | 3 |
| Coopcerquin | 1 | Invetrans | 2 |
| Coopetransa | 6 | Rápido San Cristobal | 2 |
| Cooptransnor | 1 | Santra | 3 |
| Cootrabel | 5 | Tax Maya | 3 |
| Cootracovi | 1 | Transacoop | 1 |
| Cootramo | 2 | Transconor | 2 |
| Cootramob | 1 | Translamaya | 4 |
| Cootransblan | 1 | Transportes Aranjuez Santa Cruz | 5 |
| Cootranscataluña | 2 | Transportes Castilla | 8 |
| Cootranscol | 2 | Transportes Medellín | 9 |
| Cootransgranizal | 1 | Varias | 5 |
| | | **Total Rutas** | **170** |

**Fuente: Secretaría de transportes y tránsito de Medellín**

### 3.5.4 Pasajeros transportados por día en el municipio de Medellín en las rutas de transporte

**Tabla 10. Resumen pasajeros transportados por día en Medellín 2010**

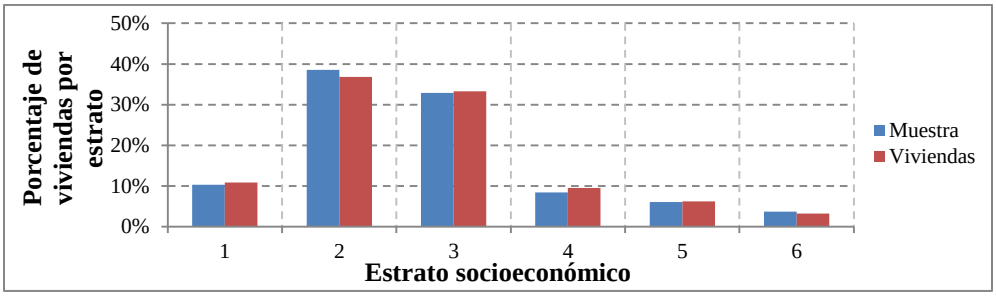
| | Miércoles 2010-09-22 | | Sábado 2010-09-25 | | Domingo 2010-09-26 | | Festivo 2010-10-18 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N° por día | recorridos | N° por día | recorridos | N° por día | recorridos | N° por día | recorridos |
| **BUS** | 793044 | 19902 | 611840 | 16610 | 268665 | 9826 | 248375 | 9483 |
| | 100% | 100% | 77% | 83% | 34% | 49% | 31% | 48% |
| **MICRO** | 257130 | 10450 | 236397 | 9604 | 123645 | 5968 | 110790 | 5775 |
| | 100% | 100% | 92% | 92% | 48% | 57% | 43% | 55% |
| **Total** | **1050174** | **30352** | **848237** | **26214** | **392310** | **15793** | **359165** | **15258** |

**Fuente: Secretaría de transportes y tránsito de Medellín**

## 3.6 VALIDACIÓN DE VARIABLES SOCIOECONÓMICAS

Se validaron las variables socioeconómicas de los hogares entrevistados, respecto a la información censal o de otras encuestas independientes.

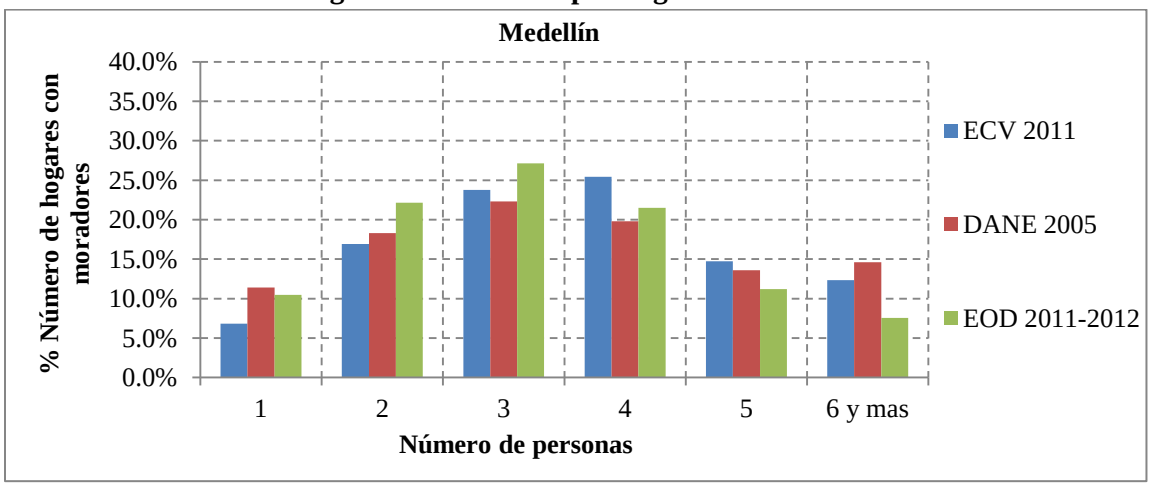
**Figura 5. Distribución de los estratos en la población del Valle de Aburrá y en la EOD 2012**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

Como se observa en el cuadro anterior las encuestas origen y destino realizadas, tuvieron un porcentaje de distribución similar a la proporción de las viviendas en los diferentes estratos en el Valle de Aburrá. Por otra parte, para considerar factores de expansión, en los diferentes estratos se hizo una validación de las encuestas según la proporción del número de moradores por hogar, de acuerdo con lo obtenido por en el censo del DANE en 2005, la encuesta de calidad de vida en 2011 y la encuesta de hogares 2011-2012, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

**Figura 6. Moradores por hogar en Medellín**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

Una vez validados esos parámetros socioeconómicos, se procedió a la validación de los viajes.

Los resultados preliminares de la expansión arrojaron un total de 4.8 millones de viajes sin validar, tal como se observa en la Tabla 11. Cuando se procede a comparar modo por modo los resultados con las

mediciones independientes de aforos, mediciones del Metro, de los buses de la región, etc., se encuentra que los viajes estimados por la encuesta son inicialmente un 18% menores, debido a diferentes factores, como era la omisión de algunos viajes por parte de los encuestados, (error que podría estar en torno al 10%), los errores de estimación propios de una encuesta de este tipo (5%) y la no consideración de un 5% de población rural que podría estar contribuyendo con algún 3% más de viajes.

**Tabla 11. Resultados globales de la encuesta de hogares y validación**

| Modo | Viajes /día Encuesta 2012 | Viajes /día Validados 2012 | Factor Ajuste Día | parque automotor de hogares circulante (ajustado a 2012)* | Despacho/veh/día |
|---|---|---|---|---|---|
| Auto | 571371 | 820000 | 1.44 | 213600 | 2.7 |
| Moto | 384624 | 622000 | 1.62 | 168000 | 3.1 |
| Bus | 1435835 | 1565000 | 1.09 | 6000 | 6.5 |
| Taxi | 217046 | 360000 | 1.66 | 22285 | 11 |
| Metro | 443502 | 550000 | 1.24 | 52 | 11 |
| Metroplús | 11909 | 18000 | 1.51 | 20 | 11 |
| Caminata | 1487118 | 1490000 | 1.00 | | |
| Bicicleta | 36852 | 40000 | 1.09 | | |
| Otros | 189185 | 190000 | 1.00 | | |
| **Totales** | **4777442** | **5655000** | **1.18** | | |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

En la Tabla 12 se presenta el proceso de Validación de los viajes para cada uno de los modos principales.

**Tabla 12. Viajes diarios encuesta de hogares 2012 sin validar**

| Megagrupo | Agregación legal | Modo principal | | Modos Combinados | | Viajes Diarios 2012 sin ajuste de validación | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Motorizado | T. Privado | 1 | Auto | 1 | Auto Acompañante | 159685 | 571560 | 12.0 |
| Motorizado | T. Privado | 1 | Auto | 2 | Auto Acompañante + Otro | 532 | | |
| Motorizado | T. Privado | 1 | Auto | 3 | Auto conductor | 411096 | | |
| Motorizado | T. Privado | 1 | Auto | 4 | Auto conductor+ otro | 247 | | |
| Motorizado | T. Privado | 2 | Moto | 5 | Moto Acompañante | 64071 | 384624 | 8.1 |
| Motorizado | T. Privado | 2 | Moto | 6 | Moto conductor | 318842 | | |
| Motorizado | T. Informal | 2 | Moto | 7 | Mototaxi | 1243 | | |
| Motorizado | T. Privado | 2 | Moto | 8 | Motocarro | 468 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 9 | Bus/buseta | 1180891 | 1445098 | 30.2 |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 10 | Bus integrado | 86356 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 11 | Bus/buseta + microbús | 22018 | | |

| **Megagrupo** | **Agregación legal** | **Modo principal** | | **Modos Combinados** | | **Viajes Diarios 2012 sin ajuste de validación** | | **%** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 12 | Bus/buseta + Bus integrado | 6323 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 13 | Bus/buseta + Auto acompañante | 2534 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 14 | Bus/buseta + Taxi | 3516 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 15 | Bus/buseta + Taxi Colectivo | 1418 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 16 | Bus/buseta + Taxi Informal/particular/chivero | 1031 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 17 | Bus/buseta + Bus Empresarial | 4783 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 18 | Bus/buseta + Moto acompañante | 1564 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 19 | Bus/buseta + Moto conductor | 456 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 20 | Bus/buseta + Otros (bicicleta, moto, auto) | 675 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 3 | Bus | 21 | Bus integrado + Otros (bus empresarial, chivero, taxi, moto) | 1574 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 22 | Microbus | 128831 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 23 | Microbus + Bus integrado | 1016 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 24 | Microbus + Auto acompañante | 322 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 25 | Microbus + Auto conductor | 154 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 26 | Microbus + Taxi | 466 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 27 | Microbus + Taxi Informal/particular/chivero | 308 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 28 | Microbus + Bus Empresarial | 275 | | |
| Motorizado | T. Público Colectivo | 4 | Microbus | 29 | Microbus + Otros (bicicleta, moto, auto) | 587 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 5 | Metroplus | 30 | Metroplus | 10447 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 5 | Metroplus | 31 | Metroplus+bus/buseta | 774 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 5 | Metroplus | 32 | Metroplus+ Microbus | 407 | | |

| **Megagrupo** | **Agregación legal** | **Modo principal** | | **Modos Combinados** | | **Viajes Diarios 2012 sin ajuste de validación** | | **%** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Motorizado | T. Público masivo | 5 | Metroplus | 33 | Metroplus+ bus integrado | 94 | 11909 | 0.2 |
| Motorizado | T. Público masivo | 5 | Metroplus | 34 | Metroplus+auto | 47 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 5 | Metroplus | 35 | Metroplus+taxi colectivo | 140 | | |
| Motorizado | T. Público individual | 6 | Taxi | 36 | Taxi | 193204 | 217091 | 4.5 |
| Motorizado | T. Informal | 6 | Taxi | 37 | Taxi informal/particular/chivero | 12799 | | |
| Motorizado | T. Público individual | 6 | Taxi | 38 | Taxi + Bus intermunicipal | 686 | | |
| Motorizado | T. Informal | 6 | Taxi | 39 | Taxi Colectivo | 9542 | | |
| Motorizado | T. Informal | 6 | Taxi | 40 | Taxi colectivo + Bus intermunicipal (Bus interm + Bempresarial) | 860 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 41 | Metro + Bus/buseta | 33528 | 231385 | 4.8 |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 42 | Metro + Microbus | 5713 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 43 | Metro+Bus integrado | 172971 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 44 | Metro+Bus/buseta + Bus integrado | 12461 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 45 | Metro + Bus Empresarial | 1273 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 46 | Metro+Metroplus | 5439 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 47 | Metro+Auto acompañante | 1274 | 212117 | 4.4 |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 48 | Metro +Auto conductor | 195 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 49 | Metro | 194246 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 50 | Metro+Taxi | 2476 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 51 | Metro+Taxi informal/particular/chivero | 1603 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 52 | Metro +Taxi Colectivo | 647 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 53 | Metro+Bicicleta | 178 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 54 | Metro+Bus intermunicipal | 3023 | | |

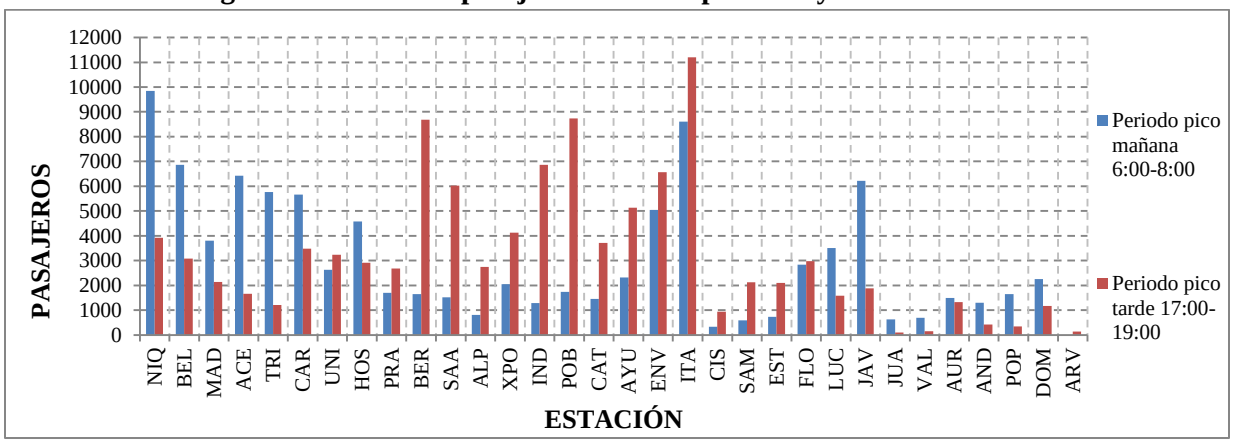
| Megagrupo | Agregación legal | Modo principal | | Modos Combinados | | Viajes Diarios 2012 sin ajuste de validación | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 55 | Bus integrado + Metro + Taxi | 987 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 56 | Bus integrado + Metro + MetroPlus | 986 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 57 | Bus integrado + Metro + Bus Empresarial | 959 | | |
| Motorizado | T. Público masivo | 7 | Metro | 58 | Metro +Otros(moto,escolar,bus empresa) | 5543 | | |
| Motorizado | T. Público especial | 8 | Transporte Escolar | 59 | Transporte Escolar | 109980 | 110160 | 2.3 |
| Motorizado | T. Público especial | 8 | Transporte Escolar | 60 | Bus + Transporte escolar | 180 | | |
| Motorizado | T. Público especial | 9 | Otros motorizados | 61 | Transporte Institucional/bus empresa | 49327 | 69190 | 1.4 |
| Motorizado | T. Público aéreo | 9 | Otros motorizados | 62 | Avión | 239 | | |
| Motorizado | T. Público aéreo | 9 | Otros motorizados | 63 | Avión + Taxi | 93 | | |
| Motorizado | T. Público aéreo | 9 | Otros motorizados | 64 | Avión + Bus/buseta | 61 | | |
| Motorizado | T. Público aéreo | 9 | Otros motorizados | 65 | Avión + Bus empresarial | 35 | | |
| Motorizado | T. Público intermpal | 9 | Otros motorizados | 66 | Bus intermunicipal | 16593 | | |
| Motorizado | T. Público intermpal | 9 | Otros motorizados | 67 | Bus intermunicipal + otros (escolar,chivero,empresa,auto, moto,bus+ micro) | 1333 | | |
| Motorizado | T. Público intermpal | 9 | Otros motorizados | 68 | Taxi intermunicipal | 1161 | | |
| Motorizado | T. Privado | 9 | Otros motorizados | 69 | Transporte Institucional/bus empresa + Otro | 348 | | |
| No Motorizado | T. Privado | 10 | Caminata | 70 | Caminata | 1487118 | 1487118 | 31.1 |
| No Motorizado | T. Privado | 11 | Bicicleta | 71 | Bicicleta | 36852 | 36852 | 0.8 |
| No Motorizado | T. Privado | 12 | Otros no motorizados | 72 | Zorra | 338 | 338 | 0.01 |
| Total | | | | | | 4777442 | 4777442 | 100.0 |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

## 3.7 VALIDACION DE LOS VIAJES EN METRO

Se validaron los viajes en Metro, por el método de los boletos entregados a la entrada de las estaciones y consolidados cada quince minutos, en la Figura 7, se muestra el ascenso de pasajeros en los picos de la mañana (6:00-8:00) y de la tarde (17:00-19:00), en cada una de las estaciones.

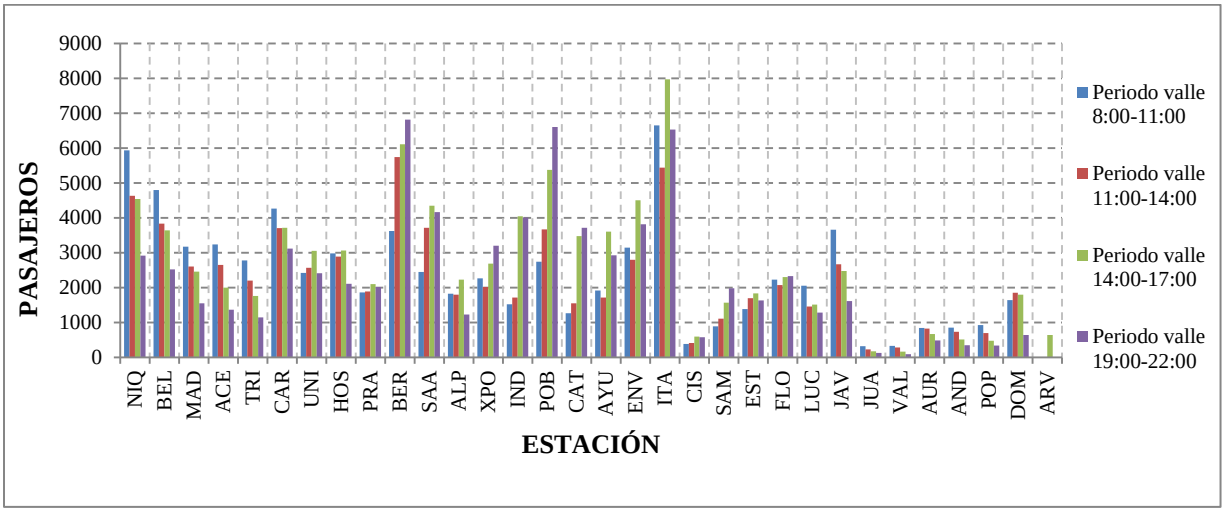
**Figura 7. Ascenso de pasajeros en horas pico AM y PM. Metro 2011**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

En la Figura 8 se muestra el ascenso de pasajeros en las horas valle.

**Figura 8. Ascenso de pasajeros en horas valle en el Metro año 2011**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

De los análisis realizados en la comparación anterior en las horas pico se obtuvo que los valores son prácticamente idénticos, 96000 viajes en las dos horas de la mañana contra 94182 que fueron estimados.

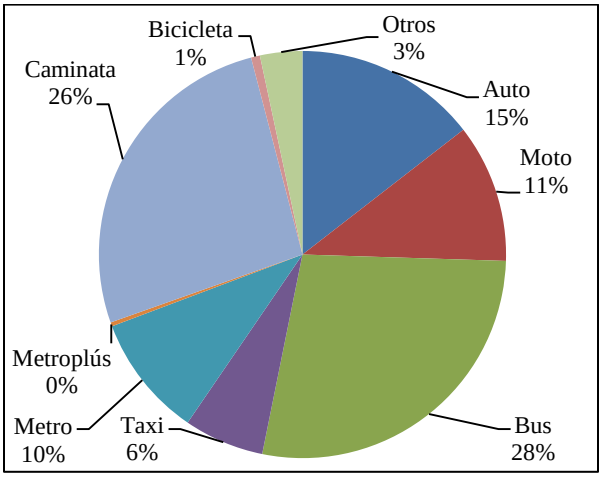
# 4 RESULTADOS GENERALES DE LA ENCUESTA A HOGARES EN EL INFORME FINAL -ENCUESTA ORIGEN DESTINO DE HOGARES Y DE CARGA PARA EL VALLE DE ABURRÁ- 2012

Los resultados del Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- que se toman, en parte, como base para el análisis de la presente investigación, se muestran a continuación.

## 4.1 PARTICIÓN MODAL DE LOS VIAJES

Los resultados para el Valle de Aburrá arrojaron que el modo bus (bus/buseta y micro) representa el 28% del total de los viajes realizados en el Valle de Aburrá, seguido por la caminata, con un 26%. Los viajes realizados en los modos auto y moto constituyen el 15% y 11% de los viajes respectivamente, seguidos por el modo Metro con un 10% y Taxi en un 6%.

**Figura 9. Partición modal de los viajes**



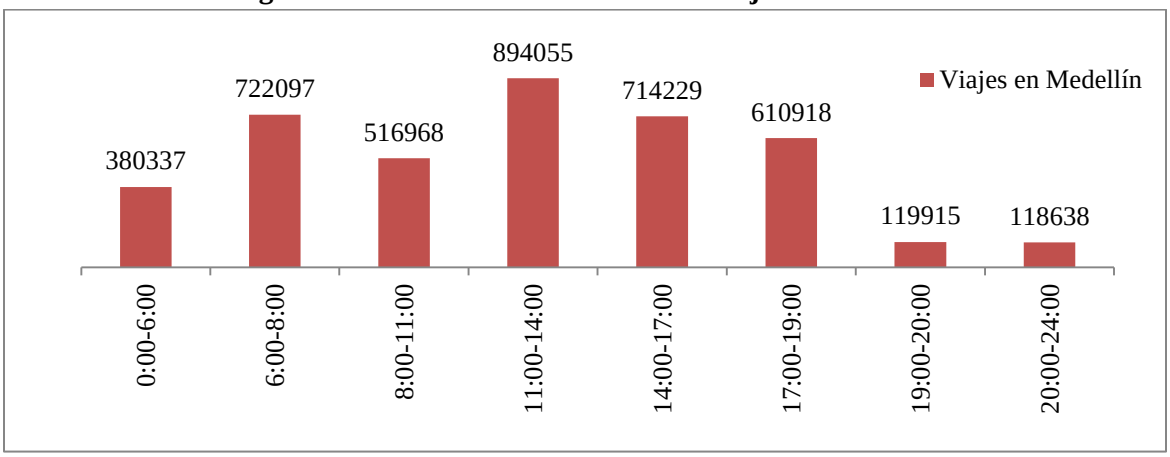

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

## 4.2 DISTRIBUCIÓN HORARIA DE LOS VIAJES (VER HISTOGRAMAS DE HORAS DE SALIDA)

En los periodos picos comprendidos entre las 6:00 y las 8:00 am y 5:00 y 7:00 pm, se realizan el 33% de los viajes del Valle de Aburrá.

En la Figura 10 se muestra la distribución horaria de los viajes en Medellín.

**Figura 10. Distribución horaria de los viajes en Medellín**

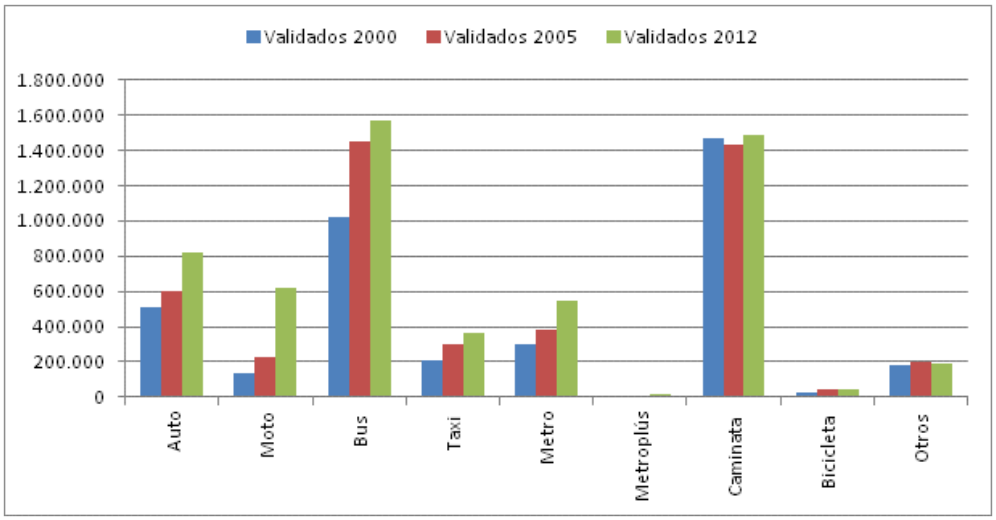



**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

## 4.3 COMPARATIVO DE LOS VIAJES EN LAS ENCUESTAS ORIGEN DESTINO DE LOS AÑOS 2000, 2005 Y 2012

En la Figura 11 se hace un comparativo de los viajes obtenidos por modo en la encuesta realizada en los años 2000, 2005 y 2012.

**Figura 11. Comparación de resultados EOD 2000, 2005 y 2012**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

El promedio de viajes para Medellín y el Valle de Aburra de 1.7 viajes/hab/día, aproximadamente 31% de los habitantes no viajan.

**Tabla 13. Crecimiento de la movilidad en los últimos 12 años**

| | Validados 2000 | Validados 2005 | Validados 2012 |
|---|---|---|---|
| **Total Viajes** | 3841950 | 4875000 | 5614292 |
| **Viajes/habitante** | 1.37 | 1.56 | 1.70 |

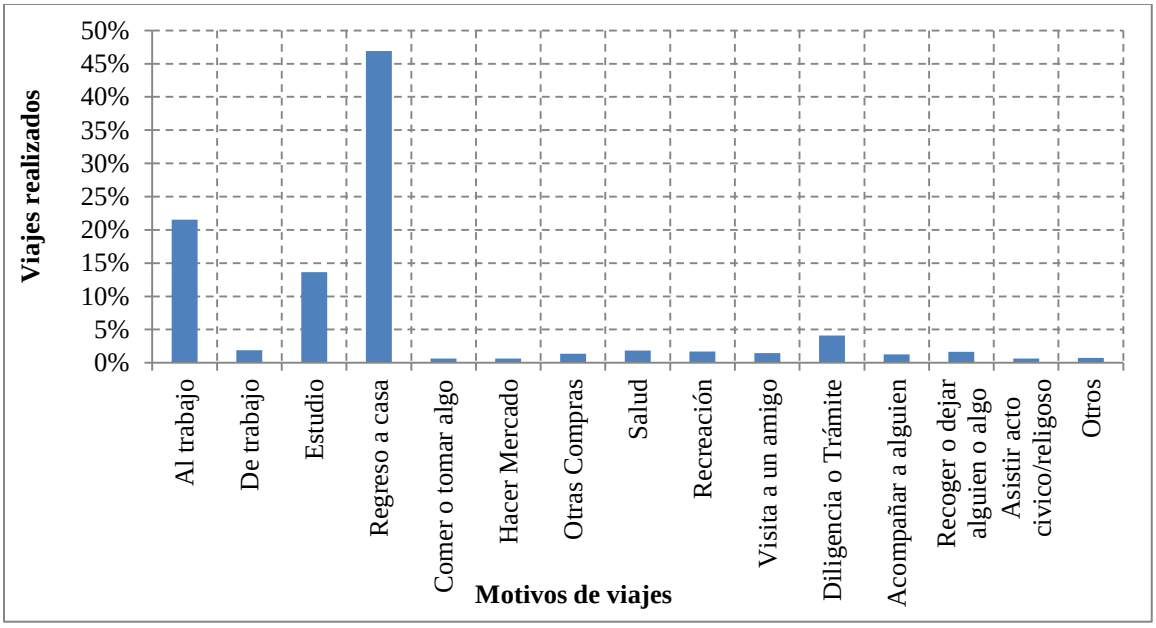
**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

La movilidad creció un 26% entre 2000 y 2005, y creció otro 15% en el periodo 2006-2012, de modo que en un poco más de una década, es decir, entre 2000 y 2012 el crecimiento de la movilidad ha sido de un 46%, y esto se ha debido al crecimiento de los viajes motorizados, porque los viajes no motorizados, no han tenido un crecimiento significativo.

## 4.4 MOTIVO DE VIAJE

La Figura 12 muestra los resultados obtenidos para motivos de viajes incluyendo el regreso a casa, el cual obtuvo el 47% de los viajes realizados. Los motivos de viaje relacionados con trabajo representan el 23% de los viajes, seguido por el viaje a estudio con un 14%.

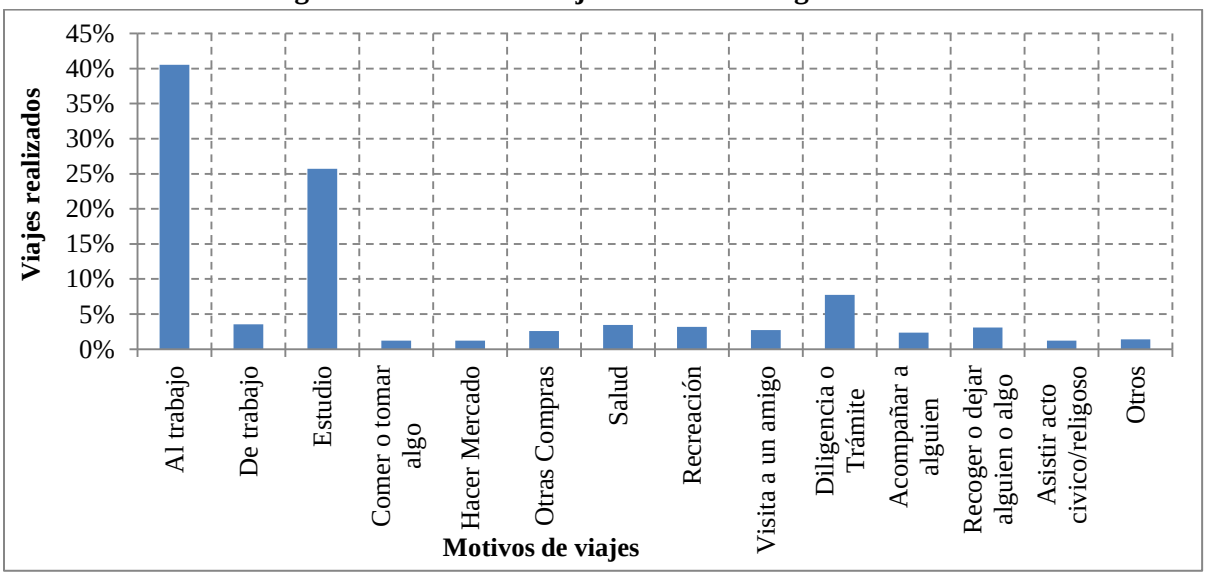
**Figura 12. Motivo de viaje**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

En la Figura 13 se puede observar que excluyendo el viaje de regreso a casa, los viajes relacionados con el trabajo representan el 44% y el motivo estudio el 26%, del total de los viajes. Es decir, prácticamente un 70% de la movilidad es obligada, es decir, hacia o por trabajo o por estudio.

**Figura 13. Motivo de viaje sin incluir el regreso a casa**

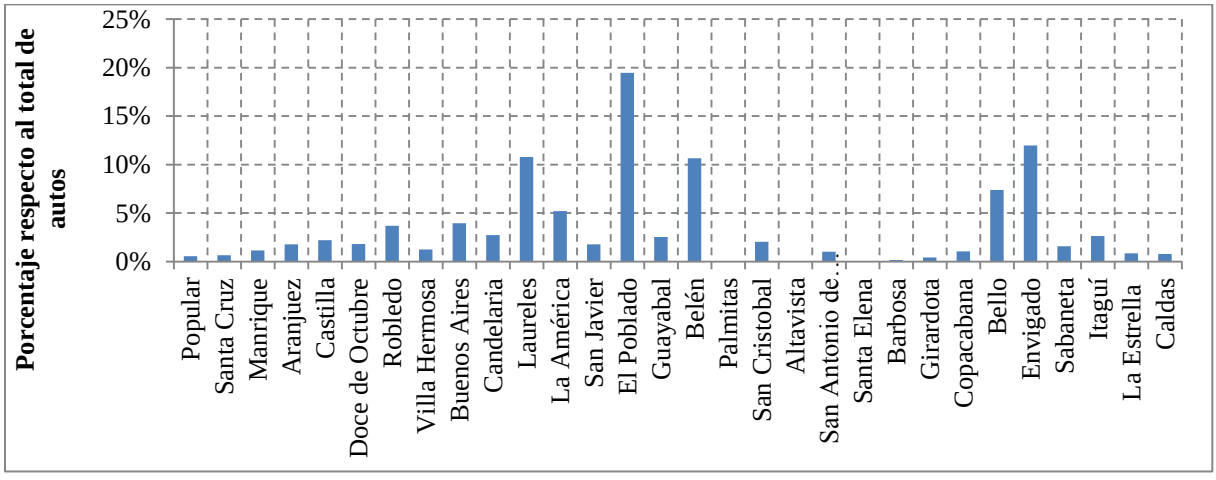



**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

## 4.5 MOTORIZACIÓN

En la siguiente figura se muestra el porcentaje de autos para cada una de las comunas del municipio de Medellín y las demás zonas del Valle de Aburrá.

**Figura 14. Porcentaje de autos de Medellín y del Área Metropolitana**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

De las figuras anteriores se observa la gran incidencia de autos que se tienen en algunos sectores el Valle de Aburra, como es el 20% de los autos que se concentra en el Poblado, que tiene el 3% de la población del Valle de Aburra; y entre las comunas de Belén, Laureles y El Poblado se alcanza el 44% de los autos

de los hogares.

Según la encuesta, la cantidad de vehículos que circulan desde los hogares del Valle de Aburra son 213000 autos y 180000 motos.

Cada vehículo hace 2.7 viajes al día en promedio, lo cual da unos 580 mil viajes de vehículos, que multiplicado por una ocupación de 1.4 (verificado con la encuesta y con aforos) da unos 810 mil personas movilizadas en auto que es lo que se observa en las calles en el día a día.

## 4.6 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

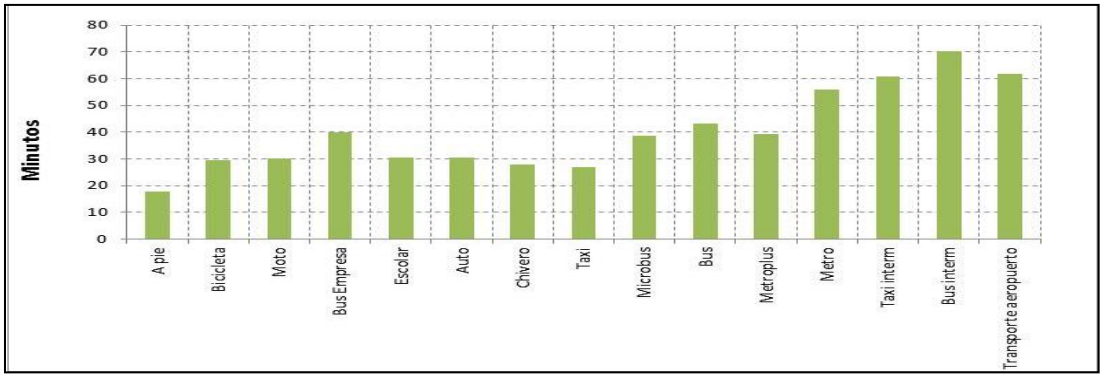
En el Informe Final -Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- geográficamente, se obtuvieron los siguientes resultados globales de la movilidad:

- El 73% de los viajes al día los hacen los habitantes de Medellín.
- El 75% de los viajes tienen un destino en Medellín.
- El 76% de los viajes tienen un origen en Medellín.
- El 86% de los viajes son hacia, desde o dentro de Medellín.
- El 65% de los viajes son internos a Medellín.

## 4.7 TIEMPO DE VIAJE

El tiempo promedio de viaje en Medellín es de 34 minutos. Si el promedio se hace solo para viajes motorizados, el promedio es 39 minutos.

**Figura 15. Tiempo promedio de viaje por modo**



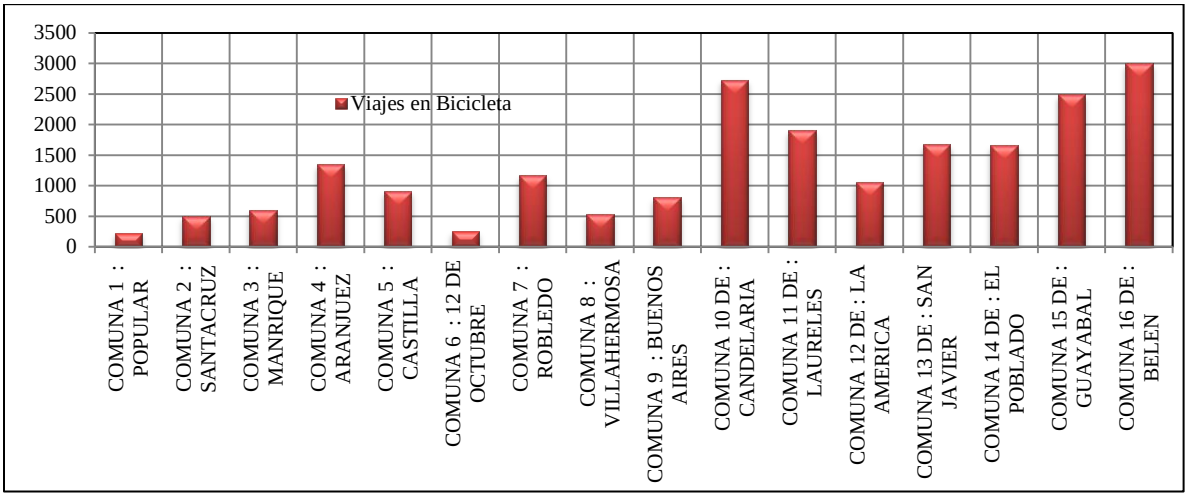

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

El tiempo promedio de viaje en Medellín en hora pico AM es de 32 minutos mientras que en la hora pico PM es de 38 minutos.

## 4.8 VIAJES EN BICICLETA

En las siguientes figuras se indican los resultados obtenidos de viajes en bicicletas en el Valle de Aburrá.

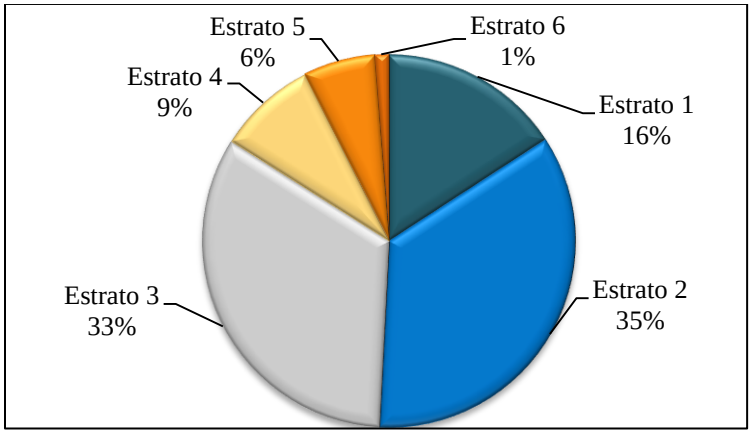
**Figura 16. Viajes en bicicleta por comuna de Medellín**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

El 74% de los viajes realizados en bicicleta en el Valle de Aburrá corresponden a los estratos 2 y 3, mientras que en Medellín estos estratos realizan el 68% de los viajes.

**Figura 17. Viajes en bicicleta por estrato en Medellín**




**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

El 86% de los viajes en bicicleta se realizan en una sola etapa.

El 13% de los viajes en bicicleta son realizados en la segunda etapa de un viaje. Sólo el 1% de los viajes en este modo se realizan en la tercera o cuarta etapa.

De los aforos realizados en pantallas se obtuvo que 8200 bicicletas cruzan el río al día, 2300 la pantalla norte y 2500 la pantalla sur, para un total de 13000 bicicletas que cruzan los puentes y las pantallas diariamente.

**Tabla 14. Bicicletas aforadas en Medellín**

| Pantalla | Sentido | Bicicletas |
|---|---|---|
| **Río** | Occidente-Oriente | 3756 |
| | Oriente-Occidente | 4470 |
| **Norte** | Norte-Sur | 1064 |
| | Sur-Norte | 1255 |
| **Sur** | Norte-Sur | 1042 |
| | Sur-Norte | 1456 |
| | | **13043** |

**Fuente: Informe Final -Encuesta OD de Hogares y de Carga para el Valle de Aburrá- 2012**

# 5 SELECCIÓN DE LAS COMUNAS OBJETO DE INVESTIGACIÓN

En las comunas de Medellín, como parte del Valle de Aburrá, se tiene valorado tomando como referente el año 2011, una población de 2.1 millones de habitantes. Al considerar una población de los corregimientos de Medellín de 197 mil habitantes, se calcula para Medellín un total de 2.3 millones de habitantes (año 2011).

Los habitantes del Valle de Aburrá realizan 5.7 millones de viajes/día, esto significa 1.7 viajes/hab/día.

El Poblado teniendo sólo el 3% de la población del Valle de Aburra, concentra la mayor cantidad de autos, el 20% del Valle de Aburrá. Por otra parte, entre las comunas de Belén, Laureles y El Poblado se alcanza el 44% de los autos de los hogares del Valle de Aburrá. Sin embargo, cabe resaltar que la población aproximada para las comunas Laureles y El Poblado son: 120 mil y 122 mil habitantes, respectivamente.

Entre las comunas de Laureles y El Poblado se alcanza el 30% de los autos en los hogares para una población del 6,8% de Medellín.

Es necesario precisar que para Belén la población aproximada es de 194 mil habitantes, significativamente alta, siendo esta una explicación que en parte justifica la tenencia de vehículos, dadas las características socioeconómicas de los habitantes para esta comuna.

El Poblado, tiene la mayor producción de viajes per cápita con 2.7 viajes por día.

Por lo anterior, se puede inferir que tanto la comunas Laureles y El Poblado, poseen características muy similares, en su mayoría compuestas por personas con nivel socioeconómico similar (estratos 5 y 6), con una tenencia alta de vehículos, y número de habitantes similares.

Se deduce entonces que las características citadas anteriormente aumentan la probabilidad que los desplazamientos generados en estas comunas sean realizados por encadenamiento de viajes (tours), debido a la alta tenencia de vehículo privado y las características socioeconómicas de la población.

Teniendo en cuenta lo antes indicado, para las comunas con una mayor tenencia de vehículos, la presente investigación, que se enfoca en la Modelación basada en tours en Medellín, se desarrollará en las comunas de Laureles y El Poblado.

Cabe resaltar que los modos más utilizados en Medellín siguen siendo la caminata (26%) y el bus (28%), tanto en Medellín como en el Valle de Aburrá. El Metro moviliza el 11% de los viajes. El 55% de las personas que utilizan transporte masivo realizan trasbordo. La bicicleta sólo moviliza el 1% de los viajes, no afectando de manera representativa la vinculación la incidencia que pueda tener en los tours.

Los viajes incluyendo el regreso a casa, corresponden al 47% de los viajes realizados. Los motivos de viaje relacionados con trabajo representan el 23% de los viajes, seguido por el viaje a estudio con un 14%. El tiempo promedio de viaje en la región es de 33 minutos, un 30% mayor que en 2005. En Medellín el tiempo promedio; es similar al de la región, al igual que en todos los modos, en Laureles es de 29 minutos y El Poblado 28.5 minutos.

# 6 METODOLOGÍA

A continuación se presenta una descripción del procedimiento desarrollado para alcanzar los objetivos en esta tesis de maestría.

La presente investigación inicia con la identificación a partir de estudios relacionados con la modelación de tours, de los atributos demográficos, sociales y económicos que inciden de manera significativa para realizar la caracterización de los tours por tipología: obligatorios; trabajo y estudio, mantenimiento; regreso a casa, comer, mercar, otras compras y salud, y discrecionales; como otros viajes realizados por los individuos. Con base en esto, se procede a efectuar la concatenación de los tours existentes para la zona de interés, en la matriz Origen-Destino del Valle de Aburrá, obtenida en el año 2012.

Al analizar la información de manera organizada como producto de la concatenación, se realiza el planteamiento de un Modelo Logit, por medio del software Biogeme, basado en tours, garantizando ventajas significativas inferidas a partir de los resultados en otros estudios de iguales características, teniendo como propósito indicar las variables que en un futuro deben ser incluidas en la elaboración de encuestas reveladas en el sector de interés que ayuden a complementar e incorporar información de carácter relevante para la aplicación de la modelación basada en tours.

Una vez obtenida la información en su totalidad, conforme a los criterios establecidos, se procesa y depura la información disponible, para correr el modelo seleccionado, permitiendo el análisis de los resultados y la deducción de conclusiones que sirvan para la aplicación de la nueva metodología en un sector del Valle de Aburrá, determinando la demanda de transporte, y la alineación de esta modelación para futuras aplicaciones en otros escenarios.

## 6.1 VARIABLES ANALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TOURS

Las encuestas origen y destino realizadas entre los años 2011 y 2012, ofrecen una información representativa de los viajeros en el Valle de Aburrá, Las preguntas realizadas a las personas encuestadas permiten identificar las características principales de los individuos que habitan los hogares.

La información del hogar registrada en la encuesta, identifica espacialmente su ubicación, desde la dirección del predio hasta su estrato socioeconómico y la comuna a la que pertenece, información organizada para cada unidad ocupacional, con los siguientes campos:

- “Código del municipio”
- “Código de la comuna”
- “Código del barrio”
- “Código de la zona SIT municipio”

- "Estrato"
- "Dirección del hogar"

En cuanto a los individuos que habitan el hogar se cuenta con información de tipo socioeconómica, de cada uno de los integrantes que realizan tours, algunas de las variables son las siguientes:

- "Edad"
- "Sexo"
- "Nivel de estudio"
- "Tipo de ocupación"
- "Horario de empleo"
- "Sector de trabajo"
- "Actividad que desempeña"
- "Lugar de trabajo"
- "Horas de trabajo en casa u oficina"
- "Número de vehículos propios"

Las encuestas cuentan con un registro continuo de los viajes realizados por los habitantes de los hogares, durante el día y la noche anterior (últimas 24 horas), indicando su ubicación espacial, temporal, motivo del viaje, los modos utilizados en el viaje.

Para la caracterización de los tours, se analizó cada uno de los individuos encuestados buscando los vínculos de los viajes que iniciaron desde el hogar hasta su posterior retorno, verificando; la hora origen del viaje, dirección del lugar origen y destino del viaje, tiempo de viaje, entre otros, todo esto, en el periodo señalado por la encuesta, logrando establecer resultados específicos para las comunas Laureles y El Poblado.

Por otra parte, se estableció por medio de las variables representativas la duración de la parada principal, para a través de esta determinar el propósito de cada uno de los tour. Los propósitos considerados son los siguientes:

- "Trabajo"
- "Estudio"
- "Regreso a casa"
- "Comer"
- "Mercar"
- "Otras compras"
- "Salud"
- "Recreación"
- "Visita a un amigo"
- "Diligencia o trámite"
- "Acompañar a alguien"

- "Recoger o dejar alguien o algo"
- "Asistir acto cívico/religioso"
- "Otro"

De manera coherente se estableció el modo representativo del tour, siendo consecuentes con la preferencia jerarquizada del uso del vehículo particular que se obtuvo para las comunas Laureles y El Poblado de Medellín, desde el transporte particular hasta el modo de trasporte público, en lo relacionado con los modos motorizados y finalizando como última alternativa con los modos no motorizados, en el siguiente orden:

- "Particular Automóvil"
- "Particular Motocicleta"
- "Servicio Público Taxi"
- "Metro"
- "Transporte Público"
- "No Motorizado"

Asimismo, se establecieron unos periodos de tiempo en horas pico y valle que permitieran visualizar las preferencias horarias para la realización de los tours, por parte de los individuos, estableciéndose lo siguiente:

- "6:00 am a 8:00 am Hora pico mañana"
- "8:00 am a 12:00 m Hora valle mañana"
- "12:00 m a 2:00 pm Hora pico medio día"
- "2:00 pm a 5:00 pm Hora valle tarde"
- "5:00 pm a 12:00 am Hora noche"
- "12:00 am a 6:00 am Hora valle noche madrugada"

## 6.2 CARACTERIZACIÓN TOURS COMUNA 11 LAURELES

En la comuna Laureles se identifican 3739 viajes, de los cuales se obtienen 1761 tours, es decir, el 47 % de los viajes son encadenados basados en el hogar. Al procesar las variables identificadas de las encuestas origen y destino, se obtuvieron resultados representativos de los tours realizados.

De la identificación de cada uno los tours realizada a partir de las encuestas origen y destino, se construyó una matriz de viajes indicando cada una de las zonas por donde se desplazan los individuos (ver Anexo 1). Con base en dicha información, se presenta una gráfica representativa (el 70 % de los viajes realizados) de las zonas de la comuna, con mayor origen y destino de viajes procedentes de los tours.

### 6.2.1 Tours por edad

Se establecieron rangos de edad tomando como referencia los indicados por el Departamento

Administrativo Nacional de Estadística (DANE), del 2007, en el cálculo de la población estimada por rangos de edad para las cabeceras municipales de Colombia. En cada uno de estos rangos se establecieron los tours realizados por las personas encuestadas, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 15. Tours por edad comuna Laureles**

| Rangos de edad | Número de tours |
|---|---|
| 0 a 11 años | 102 |
| 12 a 25 años | 401 |
| 26 a 40 años | 468 |
| 41 a 64 años | 617 |
| 65 años y más | 173 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours se encuentran entre edades desde los 26 a 64 años, sin embargo, es común la generación de tours en los individuos con edad entre los 41 a 64 años (617), mientras que en las edades de 12 a 25 años y entre los 26 y 40 años tienen una frecuencia muy similar, 401 y 468 tours, respectivamente. Se observa una tendencia a aumentar los tours con la madurez de los individuos, excepto a la edad de 65 años en adelante en donde se ve que los individuos hacen menos tours.

Lo anterior, puede significar que los individuos con el avance de la edad adquieren un comportamiento de realizar viajes frecuentes, hasta llegar a una edad en la que dicha rutina cambia.

### 6.2.2 Tours por sexo

Se analizó la incidencia del género de los individuos frente a los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 16. Tours por sexo comuna Laureles**

| Sexo | Número de tours |
|---|---|
| Hombre | 879 |
| Mujer | 882 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que no hay una preferencia por la generación de tours respecto al sexo exclusivamente.

### 6.2.3 Tours por nivel de estudio

Se analizó la incidencia del nivel de estudio para los individuos encuestados frente a la posibilidad de

realizar los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 17. Tours por nivel de estudio comuna Laureles**

| Nivel de estudio | Número de tours |
|---|---|
| Bachillerato | 586 |
| Educación no formal | 1 |
| Ninguno | 106 |
| Posgrado | 113 |
| Primaria | 244 |
| Técnico | 96 |
| Tecnológico | 96 |
| Universitario | 519 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours se encuentra en el nivel de estudio universitario y bachillerato. El orden en la generación de tours está dado por los individuos bachilleres (586), seguidos por los universitarios (519) y los individuos de educación primaria (244). Al contrastar los resultados con los individuos que no tienen ningún nivel de estudio y los de educación no formal, se evidencia que estos individuos tienen una programación de actividades frecuente por su perfil. Cabe resaltar que los niveles de estudio técnico y tecnológico tienen baja generación de tours, pero esto obedece a que la mayoría de individuos en este sector tienen un alto poder adquisitivo en donde es frecuente que ingresen a la educación superior.

### 6.2.4 Tours por ocupación

Se analizó la incidencia de la ocupación para los individuos encuestados frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún perfil del individuo que evidenciara una tendencia que respondiera a los tours generados para esta población. Los resultados obtenidos son los siguientes:

**Tabla 18. Tours por ocupación comuna Laureles**

| Ocupación | Número de tours |
|---|---|
| Ama de casa | 196 |
| Desempleado | 38 |
| Estudiante | 406 |
| Jubilado | 189 |
| Jubilado y estudiante | 8 |
| Ninguna | 30 |
| Trabajador | 848 |
| Trabajador y estudiante | 46 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours se encuentran en las ocupaciones de trabajador o estudiante, se observa que en las actividades en las que se tienen horarios establecidos tienen una mayor incidencia en la generación de tours, a diferencia de los resultados de aquellas ocupaciones en las que no existe un horario definido como; desempleado, ninguna o jubilado, lo anterior nos permite corroborar que para este sector los individuos con ocupaciones activas tienen una mayor incidencia para generar tours.

### 6.2.5 Tours por tiempo de empleo

Se analizó la incidencia del tiempo de empleo para los individuos encuestados, frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún perfil del individuo que evidenciara una tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 19. Tours por tiempo de empleo comuna Laureles**

| Tiempo de empleo | Número de tours |
|---|---|
| Ninguno | 840 |
| Tiempo completo | 759 |
| Tiempo parcial | 133 |
| Voluntario no remunerado | 29 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours, se encuentran en los individuos que tienen una dedicación de tiempo completo y los que no tienen ningún tiempo establecido. Cabe resaltar que dicho resultado es razonable desde el punto de vista en que las personas que no tienen un programa de tiempo definido cuentan con una mayor disponibilidad para hacer tours.

### 6.2.6 Tours por sector de trabajo

Se analizó la incidencia del sector de trabajo, para los individuos que respondieron la encuesta, frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 20. Tours por sector de trabajo comuna Laureles**

| Sector de trabajo | Número de tours |
|---|---|
| Agricultura | 15 |
| Comercio | 167 |
| Construcción | 50 |
| Educación | 76 |
| Financiero | 60 |
| Gobierno | 65 |
| Hoteles y restaurantes | 9 |
| Manufactura | 52 |
| Minería | 2 |
| Otros servicios | 292 |

| Sector de trabajo | Número de tours |
|---|---|
| Salud | 93 |
| Transporte | 40 |
| **Total** | **921** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 50% de la población que genera tours se encuentran en el sector de trabajo de Comercio y Otros servicios diferentes a los considerados en la encuesta. Desde este punto de vista, la encuesta no logró considerar en forma desagregada los sectores con otros servicios que representaran este análisis, asimismo, se observa que el sector comercio es el segundo más representativo y esto puede obedecer a la necesidad de desplazamiento de estos individuos en el mercado. Por otra parte, los demás sectores son representados de manera similar.

Cabe anotar que no todos los individuos respondieron esta pregunta.

### 6.2.7 Tours por labor

Se analizó la incidencia del sector labor, frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población. Los resultados obtenidos son:

**Tabla 21. Tours por labor comuna Laureles**

| Labor | Número de tours |
|---|---|
| Aseo y mantenimiento | 22 |
| Asistente o administrativo | 199 |
| Jefe | 228 |
| Obrero | 88 |
| Otros | 156 |
| Profesional | 228 |
| **Total** | **921** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 50% de la población que genera tours tiene por labor actividades relacionadas en lo profesional o rol de jefe. Los individuos con perfiles de jefes o profesionales en esta población, tienen tendencias similares a generar tours, sin embargo, los demás perfiles tienen también una incidencia representativa en la generación de tours, en comparación con las anteriores. Por lo anterior, desde el punto de vista de clasificación de los tours, estos resultados pueden también representar el nivel socioeconómico en el que se desenvuelven las personas de la población de análisis.

Cabe anotar que no todos los individuos respondieron esta pregunta.

### 6.2.8 Tours por lugar de trabajo

Se analizó la incidencia del lugar de trabajo de los individuos frente a los tours identificados, tratando de

hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 22. Tours por lugar de trabajo comuna Laureles**

| Lugar de trabajo | Número de tours |
|---|---|
| Casa | 81 |
| Casa u oficina | 33 |
| En la calle | 70 |
| Ninguno | 853 |
| Oficina o establecimiento | 724 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 99% de la población que genera tours, se encuentra en los individuos cuyo lugar de trabajo es oficina o establecimiento, o aquellos que no tienen ningún lugar de trabajo. Cabe resaltar que dicho resultado es razonable desde el punto de vista que las personas que no tienen un lugar de trabajo definido cuentan con una mayor disponibilidad para hacer tours, inclusive en el caso de no laborar. Por otra parte, este análisis permite identificar que aquellas personas que laboran en sus casas, no generan tours representativos para esta población de análisis.

### 6.2.9 Tours por número de vehículos

Se analizó la incidencia del número de vehículos propios en los hogares de los individuos, respecto a los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 23. Tours por No. de vehículos comuna Laureles**

| No. de vehículos | Número de tours |
|---|---|
| 0 | 735 |
| 1 | 801 |
| 2 | 170 |
| 3 | 55 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 97% de la población que genera tours posee máximo un vehículo propio en los hogares donde residen. Además, se infiere que a mayor número de vehículos de propiedad de un hogar, no existe una relación directa con la generación de tours. Sin embargo, la elección de realizar tours utilizando como modo el vehículo particular es la más representativa para esta población, tal como lo indica más adelante el análisis realizado a la muestra, en el numeral 6.2.15 -Tours por modo-.

### 6.2.10 Tours por número de paradas

Se analizó la incidencia del número de paradas en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo

de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 24. Tours por No. de paradas comuna Laureles**

| No. de paradas | Número de tours |
|---|---|
| 2 | 1624 |
| 3 | 84 |
| 4 | 34 |
| 5 | 12 |
| 6 | 3 |
| 7 | 4 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 92% de la población genera tours de dos paradas incluyendo el hogar, es decir, viajes de ida al destino principal y posterior regreso al hogar. Asimismo, se identifica que los tours de tres paradas, incluyendo el hogar, son las que siguen en orden de representación. Por lo anterior, en su mayoría la población analizada no realiza tours complejos, que podrían incluir muchas más variables para explicar su comportamiento.

### 6.2.11 Tours por duración de la parada principal

Se analizó la incidencia de la duración de la parada principal en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 25. Tours por duración de la para principal comuna Laureles**

| Duración parada principal | Número de tours |
|---|---|
| (0 hr - 0.5 hr) | 57 |
| (0.5 hr - 1 hr) | 65 |
| (1 hr - 2 hr) | 203 |
| (11 hr - 17 hr) | 214 |
| Mayores a17 hr | 1 |
| (2 hr - 4 hr) | 268 |
| (4 hr - 7 h) | 436 |
| (7 hr - 11 hr) | 517 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población genera tours cuya parada principal está entre 4 horas y 11 horas. Sin embargo, existe una representación significativa de tours, en los otros rangos de tiempo, que hacen referencia a otras paradas principales que requieren de una mayor o menor duración dependiendo de la actividad que realiza el individuo. En la muestra es poco usual paradas principales que no superen una duración de una hora.

### 6.2.12 Tours por propósito

Se analizó la incidencia del propósito en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 26. Tours por propósito comuna Laureles**

| Propósito | Número de tours |
|---|---|
| Acompañar a alguien | 40 |
| Asistir acto cívico/religioso | 32 |
| Comer | 12 |
| Diligencia o trámite | 111 |
| Estudio | 378 |
| Mercar | 31 |
| Otras compras | 59 |
| Otro | 32 |
| Recoger o dejar alguien o algo | 39 |
| Recreación | 83 |
| Regreso casa | 20 |
| Salud | 79 |
| Trabajo | 775 |
| Visita a un amigo | 70 |
| **Total general** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours tiene como propósito principal el trabajo o estudio. Una tendencia muy característica de las prioridades culturales que posee esta población, es decir, los principales tours son con propósitos de actividades que ayudan al desarrollo humano, como en el caso del estudio, actividades no necesariamente requeridas para subsistir.

### 6.2.13 Tours por tiempo del viaje

Se analizó la incidencia del tiempo de viaje en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 27. Tours por tiempo de viaje comuna Laureles**

| Tiempo de viaje | Número de tours |
|---|---|
| Mayores a 3 hr | 22 |
| (0 hr - 0.5 hr) | 280 |
| (0.5 hr - 1 hr) | 583 |
| (1 hr - 1.5 hr) | 547 |
| (1.5 hr - 2 hr) | 185 |
| (2 hr - 3 hr) | 144 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 80% de la población que genera tours los realizan con un tiempo de viaje no mayor a 1.5 horas. La muestra indica que la mayor proporción de individuos realiza tours con un tiempo de viaje entre 0.5 horas y 1 hora, seguidos por los tours con tiempo de viaje entre 1 hora y 1.5 horas, y los tours con tiempo de viaje entre 0 horas y 0.5 horas. Los tiempos de viaje largos pueden estar relacionados con factores de congestión e impedancia generalizada en el momento de cruzar por algunas zonas, debido a que en estos tiempos no se incluyen los tiempos de las paradas, y adicionalmente, como observó en el numeral 6.2.10 -Tours por número de paradas-, los tours no superaron de forma representativa dos paradas incluyendo el hogar.

### 6.2.14 Tours por duración del tour

Se analizó la incidencia de la duración en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 28. Tours por duración comuna Laureles**

| Duración | Número de tours |
|---|---|
| (0 hr - 0.5 hr) | 10 |
| (0.5 hr - 1 hr) | 34 |
| (1 hr - 2 hr) | 103 |
| (11 hr - 17 hr) | 449 |
| Mayores a17 hr | 4 |
| (2 hr - 4 hr) | 293 |
| (4 hr - 7 hr) | 431 |
| (7 hr - 11 hr) | 437 |
| **Total general** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 74% de la población que genera tours los realizan con una duración, considerando el tiempo de las paradas, desde 4 horas hasta 17 horas. Sin embargo, se observa que por lo general tours que duren menos de 1 hora son poco frecuentes. La proporción de tours es mayor a medida que el rango de duraciones aumenta excepto cuando se llega a la duración de tours mayores a 17 horas.

### 6.2.15 Tours por modo

Se analizó la incidencia del modo en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 29. Tours por modo comuna Laureles**

| Modo | Número de tours |
|---|---|
| Metro | 126 |
| No motorizado | 327 |
| Particular automóvil | 543 |
| Particular motocicleta | 125 |

| | |
|---|---|
| Servicio público taxi | 265 |
| Transporte público | 375 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el modo con mayor preferencia, con un 38%, es el particular (considerando automóvil y motocicleta), asimismo, existe para la muestra una proporción de un 21%, en la población encuestada, que tienen como preferencia el uso del transporte público muy similar al 15% de uso en el modo de servicio público taxi. Lo que comprueba una de los supuestos abordados en la selección de esta población, donde se infiere que la mayor tenencia de vehículo particular se ve reflejada en la preferencia de este modo a la hora de realizar tours.

### 6.2.16 Tours por hora origen

Se analizó la incidencia de la hora en que se originaron los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 30. Tours por hora origen comuna Laureles**

| Hora Origen | Número de tours |
|---|---|
| Hora pico mañana | 901 |
| Hora pico medio día | 222 |
| Hora noche | 50 |
| Hora valle mañana | 360 |
| Hora valle noche madrugada | 138 |
| Hora valle tarde | 90 |
| **Total** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que la hora origen con mayor preferencia se da en la hora pico de la mañana (6 am – 8am), que representa un 51%, seguido por la hora valle de la mañana (8 am – 12 m), con un 20%, asimismo la hora pico medio día (12m – 2pm), con un 13%, es decir, la generación de tours se hace de manera significativa antes de las 2 pm para la población estudiada. Adicionalmente, a medida que el día transcurre la generación de tours va en disminución, característica que obedece en parte a la cultura de los individuos y a los horarios de actividad en la ciudad, en su mayoría diurnos.

### 6.2.17 Tours por modos y sexo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como el modo y el sexo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 31. Tours por modo y sexo comuna Laureles**

| Sexo | Metro | No motorizado | Particular automóvil | Particular motocicleta | Servicio público taxi | Transporte público | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hombre | 58 | 158 | 299 | 92 | 99 | 173 | 879 |
| Mujer | 68 | 169 | 244 | 33 | 166 | 202 | 882 |
| **Total** | **126** | **327** | **543** | **125** | **265** | **375** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que para la muestra analizada existe una preferencia del hombre hacia el uso del modo particular (vehículo o moto), mientras que la mujer tiene una preferencia hacia el uso de los modos públicos (transporte público, servicio público taxi y Metro). Se evidencia la alta proporción de tours realizados por modos no motorizados (caminata y bicicleta), lo anterior, tendría explicación, entre otros aspectos, por la topografía favorable sin pendientes pronunciadas de la comuna 11 Laureles, asimismo, el bajo uso de Metro se debe, en parte, a la gran distancia que existe desde las zonas que componen esta comuna hasta las estaciones de Metro.

### 6.2.18 Tours por propósito y sexo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como el propósito y el sexo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, para el análisis de los más representativos se estableció en los propósitos un umbral mínimo de 50 viajes, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 32. Tours por propósito y sexo comuna Laureles**

| Sexo | Diligencia o trámite | Estudio | Otras compras | Recreación | Salud | Trabajo | Visita a un amigo | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hombre | 46 | 195 | 21 | 36 | 24 | 471 | 23 | 816 |
| Mujer | 65 | 183 | 38 | 47 | 55 | 304 | 47 | 739 |
| **Total** | **111** | **378** | **59** | **83** | **79** | **775** | **70** | **1555** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto a preferencias de los propósitos son similares en ambos sexos, pero existe un mayor número de tours realizados por los hombres en los propósitos trabajo y estudio, mientras que en los demás propósitos realiza más tours la mujer.

### 6.2.19 Tours por tiempo de viaje y sexo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como tiempo de viaje y el sexo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 33. Tours por tiempo de viaje y sexo comuna Laureles**

| Sexo | Mayores a 3 hr | (0 hr - 0.5 hr) | (0.5 hr - 1 hr) | (1 hr - 1.5 hr) | (1.5 hr - 2 hr) | (2 hr - 3 hr) | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hombre | 12 | 140 | 271 | 298 | 85 | 73 | 879 |
| Mujer | 10 | 140 | 312 | 249 | 100 | 71 | 882 |
| **Total** | **22** | **280** | **583** | **547** | **185** | **144** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto a tiempos de viaje en ambos sexos son similares.

### 6.2.20 Tours por hora origen y propósito

Se analizó la incidencia de variables combinadas como la hora origen del viaje y el propósito, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 34. Tours por hora origen y propósito comuna Laureles**

| Propósito | Hora pico mañana | Hora pico medio día | Hora noche | Hora valle mañana | Hora valle noche madrugada | Hora valle tarde | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acompañar a alguien | 12 | 8 | | 14 | 1 | 5 | 40 |
| Asistir acto cívico/religioso | 7 | 2 | 7 | 5 | 2 | 9 | 32 |
| Comer | | 4 | 1 | 4 | | 3 | 12 |
| Diligencia o trámite | 21 | 21 | 1 | 57 | 4 | 7 | 111 |
| Estudio | 228 | 54 | 4 | 44 | 45 | 3 | 378 |
| Mercar | 2 | 10 | 2 | 15 | | 2 | 31 |
| Otras compras | 7 | 9 | 3 | 30 | 1 | 9 | 59 |
| Otro | 8 | 7 | 1 | 11 | | 5 | 32 |
| Recoger o dejar alguien o algo | 13 | 10 | 3 | 7 | 1 | 5 | 39 |
| Recreación | 27 | 14 | 9 | 17 | 4 | 12 | 83 |
| Regreso casa | 8 | | 1 | 7 | 1 | 3 | 20 |
| Salud | 17 | 17 | 3 | 33 | 3 | 6 | 79 |
| Trabajo | 538 | 45 | 9 | 103 | 74 | 6 | 775 |
| Visita a un amigo | 13 | 21 | 6 | 13 | 2 | 15 | 70 |
| **Total general** | **901** | **222** | **50** | **360** | **138** | **90** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto al propósito trabajo y estudio tienen una tendencia muy marcada de ser realizados en las horas pico de la mañana de 6:00 am a 8:00 am. Sin embargo, en las horas valle de la mañana de 8:00 am a 12:00 m y valle noche madrugada de 12:00 am a 6:00 am, se originan tours con estos dos propósitos, guardando coherencia con aquellos individuos que tienen trabajo o estudio en horas muy tempranas de la madrugada y se generan en menor proporción.

### 6.2.21 Tours por hora origen y modo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como la hora origen del viaje y el modo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 35. Tours por hora origen y modo comuna Laureles**

| Modo | Hora pico mañana | Hora pico medio día | Hora noche | Hora valle mañana | Hora valle noche madrugada | Hora valle tarde | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Metro | 64 | 19 | | 20 | 19 | 4 | 126 |
| No motorizado | 151 | 56 | 21 | 62 | 17 | 20 | 327 |
| Particular automóvil | 284 | 59 | 13 | 127 | 29 | 31 | 543 |
| Particular motocicleta | 84 | 3 | 2 | 19 | 13 | 4 | 125 |
| Servicio público taxi | 121 | 36 | 7 | 60 | 26 | 15 | 265 |
| Transporte público | 197 | 49 | 7 | 72 | 34 | 16 | 375 |
| **Total** | **901** | **222** | **50** | **360** | **138** | **90** | **1761** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto a los modos particular automóvil, transporte público y servicio público taxi tienen una tendencia muy marcada a ser realizados en las horas pico de la mañana de 6:00 am a 8:00 am. Sin embargo, en las horas valle de la mañana estos dos modos tienen una preferencia marcada al ser realizados los tours. Cabe resaltar los viajes representativos que se hacen en el modo no motorizado para esta comuna, muy seguramente por la topografía favorable sin pendientes pronunciadas, asimismo, se observa que el Metro por la lejanía que tienen las estaciones no es un modo preferido en las horas del día.

## 6.3 CARACTERIZACIÓN TOURS COMUNA 14 EL POBLADO

En la comuna El Poblado se identifican 5400 viajes, de los cuales se obtienen 2428 tours, es decir, el 45 % de los viajes son encadenados basados en el hogar. Al procesar las variables identificadas de las encuestas origen y destino, se obtuvieron resultados representativos, de los tours realizados.

De la identificación de cada uno los tours realizada a partir de las encuestas origen y destino, se construyó una matriz de viajes indicando cada una de las zonas por donde se desplazan los individuos (ver Anexo 2). Con base en dicha información, se presenta una gráfica representativa (el 70 % de los viajes realizados) de las zonas de la comuna con mayor origen y destino de viajes procedentes de los tours.

### 6.3.1 Tours por edad

Se establecieron rangos de edad tomando como referencia los indicados por el (DANE) Departamento Administrativo Nacional de Estadística, en el cálculo de la población estimada por rangos de edad para las cabeceras municipales de Colombia. En cada uno de estos rangos se estableció los tours realizados por

las personas encuestadas, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 36. Tours por edad comuna El Poblado**

| Rangos de edad | Número de tours |
|---|---|
| 0 a 11 años | 150 |
| 12 a 25 años | 641 |
| 26 a 40 años | 578 |
| 41 a 64 años | 903 |
| 65 años y más | 156 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours se encuentran entre edades desde los 26 a 64 años, sin embargo, es común la generación de tours en los individuos con edad entre los 41 a 64 años (903), mientras que en las edades de 12 a 25 años y entre los 26 y 40 años tienen una frecuencia muy similar, 641 y 578 tours, respectivamente. Se observa una tendencia a aumentar los tours con la madurez de los individuos, excepto a la edad de 65 años en adelante en donde se ve que los individuos hacen menos tours.

Lo anterior, puede significar que los individuos con el avance de la edad adquieren un comportamiento de realizar viajes frecuentes, hasta llegar a una edad en la que dicha rutina cambia.

### 6.3.2 Tours por sexo

Se analizó la incidencia del género de los individuos frente a los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 37. Tours por sexo comuna El Poblado**

| Sexo | Número de tours |
|---|---|
| Hombre | 1236 |
| Mujer | 1192 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que no hay una preferencia por la generación de tours respecto al sexo exclusivamente.

### 6.3.3 Tours por nivel de estudio

Se analizó la incidencia del nivel de estudio para los individuos encuestados frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 38. Tours por nivel de estudio comuna El Poblado**

| Nivel de estudio | Número de tours |
|---|---|
| Bachillerato | 604 |
| Educación no formal | 23 |
| Ninguno | 136 |
| Posgrado | 422 |
| Primaria | 305 |
| Técnico | 64 |
| Tecnológico | 74 |
| Universitario | 800 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours se encuentra en el nivel de estudio universitario y bachillerato. El orden en la generación de tours está dado por los individuos universitarios (800), seguidos por los bachilleres (604) y los individuos de posgrado y educación primaria con 422 y 305, respectivamente. Al contrastar los resultados con los individuos que no tienen ningún nivel de estudio y los de educación no formal, se evidencia que estos individuos tienen una programación de actividades frecuente por su perfil. Cabe resaltar que los niveles de estudio técnico y tecnológico tienen baja generación de tours, pero esto obedece a que la mayoría de individuos en este sector tienen un alto poder adquisitivo en donde es frecuente que ingresen a la educación superior.

### 6.3.4 Tours por ocupación

Se analizó la incidencia de la ocupación para los individuos encuestados frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún perfil del individuo que evidenciara una tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, dando los siguientes resultados:

**Tabla 39. Tours por ocupación comuna El Poblado**

| Ocupación | Número de tours |
|---|---|
| Ama de casa | 171 |
| Desempleado | 23 |
| Estudiante | 654 |
| Jubilado | 185 |
| Jubilado y estudiante | 1 |
| Ninguna | 71 |
| Trabajador | 1285 |
| Trabajador y estudiante | 38 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours se encuentran en las

ocupaciones de trabajador y estudiante, se observa que en las actividades en las que se tienen horarios establecidos tienen una mayor incidencia en la generación de tours, a diferencia de los resultados de aquellas ocupaciones en las que no existe un horario definido como; desempleado, ninguna o jubilado, lo anterior nos permite corroborar que para este sector los individuos con ocupaciones activas tienen una mayor incidencia para generar tours.

### 6.3.5 Tours por tiempo de empleo

Se analizó la incidencia del tiempo de empleo para los individuos encuestados, frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún perfil del individuo que evidenciara una tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 40. Tours por tiempo de empleo comuna El Poblado**

| Tiempo de empleo | Número de tours |
|---|---|
| Ninguno | 1059 |
| Tiempo completo | 1152 |
| Tiempo parcial | 182 |
| Voluntario no remunerado | 35 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours, se encuentran en los individuos que tienen una dedicación de tiempo completo y los que no tienen ningún tiempo establecido. Cabe resaltar que dicho resultado es razonable desde el punto de vista en que las personas que no tienen un programa de tiempo definido cuentan con una mayor disponibilidad para hacer tours.

### 6.3.6 Tours por sector de trabajo

Se analizó la incidencia del sector de trabajo, para los individuos que respondieron la encuesta, frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 41. Tours por sector de trabajo comuna El Poblado**

| Sector de trabajo | Número de tours |
|---|---|
| Agricultura | 26 |
| Comercio | 261 |
| Construcción | 84 |
| Educación | 67 |
| Financiero | 169 |
| Gobierno | 60 |
| Hoteles y restaurantes | 33 |
| Manufactura | 97 |
| Minería | 4 |
| Otros servicios | 383 |
| Salud | 146 |

| Sector de trabajo | Número de tours |
|---|---|
| Transporte | 39 |
| **Total** | **1369** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 50% de la población que genera tours se encuentran en el sector de trabajo de Comercio y Otros servicios diferentes a los considerados en la encuesta. Desde este punto de vista, la encuesta no logró considerar en forma desagregada los sectores con otros servicios que representaran este análisis, asimismo, se observa que el sector comercio es el segundo más representativo y esto puede obedecer a la necesidad de desplazamiento de estos individuos en el mercado. Por otra parte, los demás sectores son representados de manera similar.

Cabe anotar que no todos los individuos respondieron esta pregunta.

### 6.3.7 Tours por labor

Se analizó la incidencia del sector labor, para los individuos que respondieron la encuesta, frente a la posibilidad de realizar los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 42. Tours por labor comuna El Poblado**

| Labor | Número de tours |
|---|---|
| Aseo y mantenimiento | 40 |
| Asistente o administrativo | 257 |
| Jefe | 613 |
| Obrero | 91 |
| Otros | 87 |
| Profesional | 281 |
| **Total** | **1369** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours tiene por labor actividades relacionadas con rol de jefe, profesional, asistente o administrativo. Los individuos con perfiles de jefes tienen una influencia mayor a generar tours que los profesionales y los asistentes o administrativos de esta población, los demás perfiles no tienen una incidencia representativa, en comparación con las anteriores, en la generación de tours. Por lo anterior, desde el punto de vista de clasificación de los tours, estos resultados pueden también representar el nivel socioeconómico en el que se desenvuelven las personas de la población de análisis.

Cabe anotar que no todos los individuos respondieron esta pregunta.

### 6.3.8 Tours por lugar de trabajo

Se analizó la incidencia del lugar de trabajo de los individuos frente a los tours identificados, tratando de

hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 43. Tours por lugar de trabajo comuna El Poblado**

| Lugar de trabajo | Número de tours |
|---|---|
| Casa | 137 |
| Casa u oficina | 43 |
| En la calle | 57 |
| Ninguno | 1065 |
| Oficina o establecimiento | 1126 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 90% de la población que genera tours, se encuentra en los individuos cuyo lugar de trabajo es: oficina o establecimiento, o aquellos que no tienen ningún lugar de trabajo. Cabe resaltar que dicho resultado es razonable desde el punto de vista que las personas que no tienen un lugar de trabajo definido cuentan con una mayor disponibilidad para hacer tours, inclusive en el caso de no laborar. Por otra parte, este análisis permite identificar que aquellas personas que laboran en sus casas, no generan tours representativos para esta población de análisis.

### 6.3.9 Tours por número de vehículos

Se analizó la incidencia del número de vehículos propios en los hogares de los individuos, respecto a los tours identificados, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 44. Tours por No. de vehículos comuna El Poblado**

| No. de vehículos | Número de tours |
|---|---|
| 0 | 392 |
| 1 | 1012 |
| 2 | 748 |
| 3 | 192 |
| 4 | 81 |
| 5 | 3 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 89% de la población que genera tours posee máximo dos vehículos propios en los hogares donde residen. Además, se infiere que a mayor número de vehículos de propiedad de un hogar, no existe una relación directa con la generación de tours. Sin embargo, la elección de realizar tours utilizando como modo el vehículo particular es la más representativa para esta población, tal como lo muestra más adelante el análisis realizado a la muestra, en el numeral 6.3.15 -Tours por modo-.

### 6.3.10 Tours por número de paradas

Se analizó la incidencia del número de paradas en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 45. Tours por No. de paradas comuna El Poblado**

| No. de paradas | Número de tours |
|---|---|
| 2 | 2075 |
| 3 | 224 |
| 4 | 98 |
| 5 | 11 |
| 6 | 15 |
| 7 | 3 |
| 8 | 1 |
| 9 | 1 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 86% de la población genera tours de dos paradas incluyendo el hogar, es decir, viajes de ida al destino principal y posterior regreso al hogar. Asimismo, se identifica que los tours de tres paradas, incluyendo el hogar, son las que siguen en orden de representación. Por lo anterior, en su mayoría la población analizada no realiza tours complejos, que podrían incluir muchas más variables para explicar su comportamiento.

### 6.3.11 Tours por duración de la parada principal

Se analizó la incidencia de la duración de la parada principal en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 46. Tours por duración de la parada principal comuna El Poblado**

| Duración para principal | Número de tours |
|---|---|
| (0 hr - 0.5 hr) | 97 |
| (0.5 hr - 1 hr) | 124 |
| (1 hr - 2 hr) | 230 |
| (11 hr - 17 hr) | 190 |
| (2 hr - 4 hr) | 411 |
| (4 hr - 7 hr) | 610 |
| (7 hr - 11 hr) | 766 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población genera tours cuya parada principal está entre 2

horas y 11 horas. Sin embargo, existe una representación significativa de tours, en los otros rangos de tiempo, que hacen referencia a otras paradas principales que requieren de una mayor o menor duración dependiendo de la actividad que realiza el individuo. En la muestra es poco usual paradas principales que no superen una duración de una hora.

### 6.3.12 Tours por propósito

Se analizó la incidencia del propósito en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 47. Tours por propósito comuna El Poblado**

| Propósito | Número de tours |
|---|---|
| Acompañar a alguien | 38 |
| Asistir acto cívico/religioso | 28 |
| Comer | 31 |
| Diligencia o trámite | 122 |
| Estudio | 623 |
| Mercar | 51 |
| Otras compras | 87 |
| Otro | 29 |
| Recoger o dejar alguien o algo | 69 |
| Recreación | 77 |
| Regreso casa | 56 |
| Salud | 78 |
| Trabajo | 1082 |
| Visita a un amigo | 57 |
| **Total general** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que más del 50% de la población que genera tours tiene como propósito principal el trabajo o estudio. Una tendencia muy característica de las prioridades culturales que posee esta población, es decir, los principales tours son con propósitos de actividades que ayudan al desarrollo humano, como en el caso del estudio, actividades no necesariamente requeridas para subsistir.

### 6.3.13 Tours por tiempo del viaje

Se analizó la incidencia del tiempo de viaje en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 48. Tours por tiempo de viaje comuna El Poblado**

| Tiempo de viaje | Número de tours |
|---|---|
| Mayores a 3 hr | 37 |
| (0 hr a 0.5 hr) | 321 |

| Tiempo de viaje | Número de tours |
|---|---|
| (0.5 hr - 1 hr) | 879 |
| (1 hr - 1.5 hr) | 719 |
| (1.5 hr - 2 hr) | 289 |
| (2 hr - 3 hr) | 183 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 79% de la población que genera tours los realizan con un tiempo de viaje no mayor a 1.5 horas. La muestra indica que la mayor proporción de individuos realiza tours con un tiempo de viaje entre 0.5 horas y 1 hora, seguidos por los tours con tiempo de viaje entre 1 hora y 1.5 horas, y los tours con tiempo de viaje entre 0 horas y 0.5 horas. Los tiempos de viaje largos pueden estar relacionados con factores de congestión e impedancia generalizada en el momento de cruzar por algunas zonas, debido a que en estos tiempos no se incluyen los tiempos de las paradas, y adicionalmente, como observó en el numeral 6.3.10 -Tours por número de paradas-, los tours no superaron de forma representativa tres paradas incluyendo el hogar.

### 6.3.14 Tours por duración del tour

Se analizó la incidencia de la duración en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 49. Tours por duración comuna El Poblado**

| Duración | Número de tours |
|---|---|
| (0 hr - 0.5 hr) | 9 |
| (0.5 hr - 1 hr) | 51 |
| (1 hr - 2 hr) | 175 |
| (11 hr - 17 hr) | 511 |
| Mayores a17 hr | 2 |
| (2 hr - 4 hr) | 370 |
| (4 hr - 7 hr) | 610 |
| (7 hr - 11 hr) | 700 |
| **Total general** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el 75% de la población que genera tours los realizan con una duración, considerando el tiempo de las paradas, desde 4 horas hasta 17 horas. Sin embargo se observa que por lo general tours que duren menos de 1 hora son poco frecuentes. La proporción de tours es mayor a medida que el rango de duraciones aumenta excepto cuando se llega a la duración de tours mayores a 11 horas y menores a 17 horas.

### 6.3.15 Tours por modo

Se analizó la incidencia del modo en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 50. Tours por modo comuna El Poblado**

| Modo | Número de tours |
|---|---|
| Metro | 107 |
| No motorizado | 192 |
| Particular automóvil | 1447 |
| Particular motocicleta | 78 |
| Servicio público taxi | 360 |
| Transporte público | 244 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que el modo con mayor preferencia, con un 63%, es el particular (considerando automóvil y motocicleta), asimismo, existe para la muestra una proporción de un 15%, en la población encuestada, que tienen como preferencia el uso del servicio público taxi. Lo que comprueba una de los supuestos abordados en la selección de esta población, donde se infiere que la mayor tenencia de vehículo particular se ve reflejada en la preferencia de este modo a la hora de realizar tours.

### 6.3.16 Tours por hora origen

Se analizó la incidencia de la hora en que se originaron los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 51. Tours por hora origen comuna El Poblado**

| Hora origen | Número de tours |
|---|---|
| Hora pico mañana | 1280 |
| Hora pico medio día | 282 |
| Hora noche | 88 |
| Hora valle mañana | 460 |
| Hora valle noche madrugada | 139 |
| Hora valle tarde | 179 |
| **Total** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que la hora origen con mayor preferencia se da en la hora pico de la mañana (6 am – 8am), que representa un 53%, seguido por la hora valle de la mañana (8 am – 12 m), con un 19%, asimismo la hora pico medio día (12m – 2pm), con un 11%, es decir, la generación de tours se hace de manera significativa antes de las 2 pm para la población estudiada. Adicionalmente, a medida que el día transcurre la generación de tours va en disminución, característica que obedece en parte a la cultura de los individuos y a los horarios de actividad en la ciudad, en su mayoría diurnos.

### 6.3.17 Tours por modos y sexo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como el modo y el sexo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 52. Tours por modos y sexo comuna El Poblado**

| Sexo | Metro | No motorizado | Particular automóvil | Particular motocicleta | Servicio público taxi | Transporte público | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hombre | 47 | 75 | 758 | 65 | 165 | 126 | 1236 |
| Mujer | 61 | 117 | 688 | 13 | 195 | 118 | 1192 |
| **Total** | **108** | **192** | **1446** | **78** | **360** | **244** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que para la muestra analizada existe una preferencia similar del hombre y la mujer hacia el uso de los modos en la comuna El Poblado. Se evidencia la baja proporción de tours realizados por modos no motorizados (caminata), lo anterior, tendría explicación, entre otros aspectos, por la topografía con pendientes pronunciadas de la comuna El Poblado, asimismo, el bajo uso de Metro se debe, en parte, a la gran distancia que existe desde las zonas que componen esta comuna hasta las estaciones de Metro.

### 6.3.18 Tours por propósito y sexo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como el propósito y el sexo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, para el análisis de los más representativos se estableció en los propósitos un umbral mínimo de 50 viajes, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 53. Tours por propósito y sexo comuna El Poblado**

| Sexo | Diligencia o trámite | Estudio | Otras compras | Recreación | Salud | Trabajo | Visita a un amigo | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hombre | 54 | 312 | 32 | 26 | 633 | 25 | 1082 | 54 |
| Mujer | 68 | 311 | 55 | 52 | 449 | 32 | 967 | 68 |
| **Total** | **122** | **623** | **87** | **78** | **1082** | **57** | **2049** | **122** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto a preferencias de los propósitos son similares en ambos sexos, pero existe un mayor número de tours realizados por los hombres en los propósitos de trabajo, mientras que en los demás propósitos realiza más tours la mujer, exceptuando los tours de propósito estudio en donde ambos sexos lo hacen muy similar.

### 6.3.19 Tours por tiempo de viaje y sexo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como tiempo de viaje y el sexo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta

población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 54. Tours por tiempo de viaje y sexo comuna El Poblado**

| Sexo | Mayores a 3 hr | (0 hr - 0.5 hr) | (0.5 hr - 1 hr) | (1 hr - 1.5 hr) | (1.5 hr - 2 hr) | (2 hr - 3 hr) | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hombre | 25 | 144 | 444 | 379 | 153 | 91 | 1236 |
| Mujer | 12 | 177 | 435 | 340 | 136 | 92 | 1192 |
| **Total** | **37** | **321** | **879** | **719** | **289** | **183** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto a tiempos de viaje en ambos sexos son similares.

### 6.3.20 Tours por hora origen y propósito

Se analizó la incidencia de variables combinadas como la hora origen del viaje y el propósito, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 55. Tours por hora origen y propósito comuna El Poblado**

| Propósito | Hora pico mañana | Hora pico medio día | Hora valle mañana | Hora valle noche madrugada | Hora valle tarde | Hora noche | Total general |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Asistir acto cívico/religioso | 10 | 3 | 6 | | 3 | 6 | 28 |
| Comer | 3 | 6 | 11 | | 7 | 4 | 31 |
| Diligencia o trámite | 21 | 21 | 54 | 1 | 21 | 4 | 122 |
| Estudio | 413 | 54 | 80 | 52 | 19 | 5 | 623 |
| Mercar | 4 | 9 | 24 | | 8 | 6 | 51 |
| Otras compras | 10 | 12 | 39 | 1 | 19 | 6 | 87 |
| Otro | 9 | 4 | 9 | 1 | 2 | 4 | 29 |
| Recoger o dejar alguien o algo | 25 | 11 | 7 | 1 | 8 | 17 | 69 |
| Recreación | 22 | 9 | 10 | 1 | 18 | 17 | 77 |
| Regreso casa | 25 | 9 | 11 | 2 | 8 | 1 | 56 |
| Salud | 21 | 4 | 30 | 3 | 16 | 4 | 78 |
| Trabajo | 689 | 121 | 156 | 76 | 35 | 5 | 1082 |
| Visita a un amigo | 18 | 14 | 15 | | 6 | 4 | 57 |
| **Total general** | **1280** | **282** | **460** | **139** | **179** | **88** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto al propósito trabajo y estudio tienen una tendencia muy marcada de ser realizados en las horas pico de la mañana de 6:00 am a 8:00 am. Sin embargo, en las horas valle de la mañana de 8:00 am a 12:00 m, hora pico medio día de 12:00 m a 2:00 pm y valle noche madrugada de 12:00 am a 6:00 am, se originan tours con estos dos propósitos, guardando coherencia con

aquellos individuos que tienen trabajo o estudio en horas muy tempranas de la madrugada y se generan en menor proporción.

### 6.3.21 Tours por hora origen y modo

Se analizó la incidencia de variables combinadas como la hora origen del viaje y el modo, en los tours de los individuos, tratando de hallar algún tipo de tendencia que respondiera a los tours generados para esta población, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 56. Tours por hora origen y modo comuna El Poblado**

| Modo | Hora pico mañana | Hora pico medio día | Hora valle mañana | Hora valle noche madrugada | Hora valle tarde | Hora noche | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No motorizado | 77 | 39 | 44 | 3 | 16 | 13 | 192 |
| Particular automóvil | 724 | 174 | 285 | 79 | 126 | 58 | 1446 |
| Particular motocicleta | 46 | 3 | 16 | 7 | 4 | 2 | 78 |
| Servicio público taxi | 252 | 31 | 47 | 14 | 9 | 7 | 360 |
| Transporte público | 129 | 26 | 46 | 23 | 17 | 3 | 244 |
| **Total** | **1280** | **282** | **460** | **139** | **179** | **88** | **2428** |

**Fuente: Elaboración propia**

De lo anterior se observa que las tendencias en cuanto a los modos particular automóvil, transporte público y servicio público taxi tienen una tendencia muy marcada a ser realizados en las horas pico de la mañana de 6:00 am a 8:00 am. Sin embargo, en las horas valle de la mañana de 8:00 am a 12:00 m estos tres modos tienen una preferencia marcada al ser realizados los tours. Cabe resaltar los viajes no representativos que se hacen en el modo no motorizado para esta comuna, muy seguramente por la topografía con pendientes pronunciadas, asimismo, se observa que el Metro por la lejanía que tiene las estaciones no es un modo preferido en las horas del día.

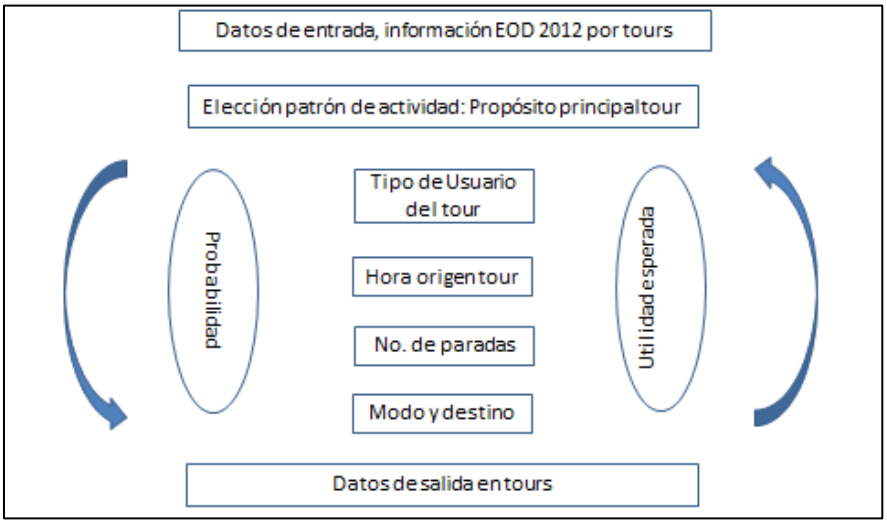
## 6.4 DATOS PARA EL PROCESAMIENTO Y SELECCIÓN DEL ALGORITMO

La presente investigación se enfoca en la modelación de la demanda de transporte por opciones de modo para los viajes basados en el hogar, según las encuestas Origen-Destino 2012, a partir de la identificación de cada uno de los propósitos y demás características representativas de los tours.

Tal como se mencionó en el marco teórico, los modelos desagregados basados en tours han sido aplicados para ciudades pobladas de países en subdesarrollo como Yakarta, Indonesia, (Yagi, S., y Mohammadian, A., 2006). Este sistema adoptó principalmente una estructura basada en tours, logrando preservar con coherencia el modo, destino y la hora a través de los viajes.

El sistema global de modelado se representa en la Figura 18. El modelo es para los viajes basados en el hogar.

**Figura 18. Sistema global de modelado**




**Fuente: Elaboración propia**

El enfoque de este modelo es la elección discreta basándose en el azar de la utilidad con los principios de maximización. Se ha demostrado que el modelo logit es el más popular modelo de elección discreta en aplicaciones prácticas (Yagi, S., y Mohammadian, A., 2006).

Según el esquema de la Figura 18. -Sistema global de modelado-, acorde a los resultados obtenidos en cada una de las variables analizadas en la caracterización de los tours de la presente investigación, se establecieron los datos de entrada ($X_i$) para el procesamiento de la información en el programa Biogeme 2.2, tal como se indican en el numeral 6.5 – Programa computacional Biogeme y procesamiento de la información-.

### 6.4.1 Selección y delimitación de los tours en la muestra para el procesamiento de la información

Los datos obtenidos y analizados en la metodología para las comunas Laureles y El Poblado, para efectos de la modelación, se filtraron para obtener solo tours que no tuvieran combinaciones de modos en los viajes realizados diferentes a caminata, no siendo muy frecuentes combinaciones diferentes a esta en los modos analizados, por lo tanto, fueron clasificados según los tours cuyo modo principal fue el vehículo particular automóvil en combinación con los viajes en caminata y el modo servicio público (taxi) en combinación con los viajes en caminata, adicionalmente, se incorporó la influencia del pico y placa como dato revelado por el usuario al elegir el modo en el respectivo día de realización de los tours.

Con el alcance de la clasificación anterior se cuantificaron 2337 tours cuyos modos principales de desplazamiento fueron solo combinación de vehículo particular automóvil con los viajes en caminata y servicio público (taxi) con los viajes en caminata, asimismo, se obtuvo que de los anteriores tours, 1791 fueron realizados en vehículo particular en combinación con los viajes en caminata y 546 tours en taxi en combinación con los viajes en caminata. Una vez establecido el número de tours se procedió a calcular las

tarifas por hora para cada modo.

Cabe resaltar que bajo este mismo alcance de clasificación el número de tours en modo de solo moto y sus combinaciones es del 7% el cual es insignificante respecto al de vehículo particular automóvil porque en los estratos altos de las Comunas Laureles y El Poblado la posesión de moto es mínima. Sin embargo para trabajos futuros con tours, en otros estratos, se deberá considerar y se tendrá que afrontar la dificultad de estimar sus costos con base en tiempos de viaje que son más variables entre sí, dada la diversidad de formas de conducir motocicletas, por lo que habrá que acudir a estimaciones de distancia con base en los orígenes y destinos de los viajes.

Por otra parte, los tours de viajes realizados en transporte público colectivo y sus combinaciones en promedio del 15 %, no fueron considerados por ser relativamente bajo, tal como se indicó en el numeral 5 -Selección de las comunas objeto de investigación- Laureles y El Poblado, ya que estas concentran la mayor cantidad de autos, cuyo modo para efectos comparativos del estudio, se asemeja al modo taxi, considerando que los tiempos de parqueo para el vehículo particular son similares a los tiempos requeridos de un usuario de taxi para tomar un servicio, de igual forma los tiempos de viaje.

### 6.4.2 Cálculo de la tarifa de vehículo particular

Los costos de cada tour se calcularon a partir de la valoración del modo utilizado en los viajes. El viaje a pie no tuvo ningún costo. Para estimar el costo del viaje del automóvil, (Córdoba, 2010), se utilizó una fórmula que contiene el consumo promedio de combustible en galones por kilómetro, el kilometraje recorrido, el precio del galón de combustible y un factor de 2.5 para el automóvil; estos factores, se introducen con la finalidad de incluir otros gastos como valor del vehículo y gastos de mantenimiento distintos al combustible. Para el automóvil el consumo promedio utilizado fue de 0.024 galones por kilómetro con una velocidad promedio de 25 km/h. El costo del galón de combustible utilizado para la época de la investigación (año 2013) fue de $8366 en la ciudad de Medellín.

### 6.4.3 Cálculo de la tarifa de servicio público taxi

Para los tours realizados en taxi, se aplicó una fórmula lineal según los costos señalados por el Decreto número 739, de 2013, publicado por la Secretaría de Tránsito de la ciudad a los taxistas, donde el cobro es el resultante de un cobro inicial denominado "banderazo" más un valor del recorrido realizado, de la siguiente manera: $2600 del banderazo más la pendiente de una recta por la fracción de tiempo en horas del viaje en taxi, para estimar la pendiente de la recta se consideró que el valor de 1 hora contratada es $25000, carrera mínima de $4600, de lo anterior, surgió la siguiente fórmula para el costo del taxi.

$$Y = 2600 + 22400\,X \quad (2)$$

Dónde:
Y: Costo de la carrera en taxi en pesos.
X: Fracción de tiempo en horas del viaje.

### 6.4.4 Cálculo del costo total del tour

Con el fin de obtener los costos totales de cada tour, en la opción modal que reveló el usuario en la EOD 2012, para cada uno de los viajes $V_{ij}$ (viajes del origen i al destino j) que componen el tour, se sumó el costo calculado de cada modo, hasta obtener el costo total de realizar el tour.

Las anteriores tarifas obtenidas son un indicador de las situaciones en donde la mayoría de los usuarios de la muestra favorecen el uso del vehículo particular, es probable que muchos de los usuarios, de este modo de transporte, solo perciben los beneficios, y no están directamente involucrados con las implicaciones del mantenimiento y demás obligaciones que requiere este modo, asimismo, se pone en consideración el uso de combustibles económicos, el gas, la eficiencia del consumo de los vehículos, el confort y la disponibilidad horaria del modo, entre otros. Para efectos del modelo desarrollado y en aras de construir un modelo que refleje con una mejor aproximación la situación actual, dichas tarifas se adoptaron como una percepción real de la mayoría de los individuos en la muestra.

Por otra parte, se sumó en la base de datos, de las EOD 2012, los tiempos de los viajes para cada uno de los tours realizados, estableciéndose cuál era la duración en horas para cada uno de los recorridos realizados desde la salida del hogar hasta su posterior regreso y desde el hogar hasta la parada con mayor duración (parada principal).

Cabe anotar que los tiempos de viaje incluyen los tiempos de espera en cada modo, asumiendo que el tiempo que un usuario del modo vehículo particular demora en movilizar su vehículo en un parqueadero o en abordarlo como pasajero acompañante, es similar al tiempo en que un usuario de taxi demora en tomar un servicio, de lo anterior, los tiempos de viaje calculados indican en su defecto los tiempos de viaje generalizados.

Una vez consolidados los datos de tiempo y costo para cada tour de los usuarios, se indicó la alternativa seleccionada por el usuario en las encuestas de preferencias reveladas.

### 6.4.5 Formulación matemática del algoritmo

El modelo aquí presentado se basa en la Teoría de la Utilidad Aleatoria, (Moreno, 2008) donde la utilidad del individuo, $U_{jq}$, está representada por la suma de un término conocido por el modelador y otro aleatorio.

$$U_{jq} = V_{jq} + E_{jq} \quad (3)$$

Donde $V_{jq}$ representa la parte cuantificable de la utilidad, en función de unos atributos $X_i$, el término $E_{jq}$ refleja el comportamiento, gustos individuales e idiosincrasia de los individuos, además de los errores de medición introducidos por el modelador.

El modelo permite explicar cómo dos individuos con los mismos atributos y con el mismo conjunto de alternativas disponibles, pueden elegir de forma diferente, o que un individuo no siempre elija la alternativa con mayor utilidad.

Un individuo q podrá elegir la alternativa j solamente si:

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall\, A_i \in A_{(q)} \quad (4)$$

Dónde:

$$V_{jq} - V_{iq} \geq E_{iq} - E_{jq} \quad (5)$$

El término $E_{iq} - E_{jq}$, es desconocido por el modelador, por lo tanto para determinar la desigualdad se asigna una probabilidad. De esta forma, la probabilidad de escoger la alternativa $A_i$ es:

$$P_{jq} = \text{Prob}\left\{E_{iq} \leq E_{jq} + V_{jq} - V_{iq}, \forall\, A_i \in A_{(q)}\right\} \quad (6)$$

Existen diversos modelos de elección que sirven para estudiar el comportamiento de los usuarios al momento de elegir el modo de transporte. La diferencia reside en el término aleatorio Ejq en la función $U_{jq}$.

El modelo procesado en esta investigación es el Logit Multinomial (MNL), en este modelo se asume que los valores desconocidos Ejq se distribuyen idéntica e independientemente con una función Gumbel de tal forma que la probabilidad de que el individuo q elija la i-esima alternativa está dada por.

$$P_{iq} = \frac{e^{\beta V_{iq}}}{\sum_{A_j \in A_{(q)}} e^{\beta V_{jq}}} \quad (7)$$

$V_{ij}$ es normalmente una función lineal en sus parámetros θ y β es inestimable por separado, por ende, debe ser normalizado.

Pero dado que $\beta = \Pi/\sqrt{6\sigma}$ se supone para efectos prácticos $\beta = 1$.

La estimación del modelo consiste en encontrar los coeficientes $\theta_k$ que generan más a menudo la muestra observada; es decir, los más verosímiles, que son aquellos que maximizan la probabilidad de que ocurra un suceso observado.

### 6.4.6 Limitaciones del modelo

- No permite tratar correlaciones entre alternativas, debido a la estructura de error que supone.
- No trata la heterocedasticidad.
- Es de notar que el modelo MNL, asume los parámetros θ iguales para todos los individuos, esta

práctica generaliza la población y no considera la heterogeneidad de la misma. Una forma de obtener del modelo mejor representación del fenómeno, es posible suponiendo que existen grupos dentro de la muestra que poseen distintos parámetros θ variaciones de percepción ante los mismos atributos, es decir, los diferentes niveles de ingresos de la población hacen percibir a ésta un parámetro θ del costo distinto. Así un modelo MNL con variación sistemática de los gustos lleva a obtener estimadores diferentes para cada grupo considerado.

## 6.5 PROGRAMA COMPUTACIONAL BIOGEME Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los modelos de elección discreta están en constante evolución en la literatura, permiten capturar una amplia gama de situaciones, siendo utilizados por los investigadores y también por practicantes en varios campos de aplicaciones, incluyendo la econometría y análisis de la demanda de transporte. Sin embargo, los procedimientos de estimación son complicados y no siempre de fácil acceso para los investigadores.

Biogeme es un código abierto gratuito diseñado para la estimación de modelos de elección discreta. Permite la estimación de los parámetros en modelos tipo Multinomial Logit. Dicho programa estima la máxima verosimilitud en una considerable gama de modelos de utilidad aleatoria, como tal, es una herramienta para investigar una amplia variedad de modelos de elección discreta, sin preocuparse por la programación del algoritmo de estimación, permitiendo explícitamente especificar un modelo de utilidad aleatoria para ser estimado con la respectiva función de probabilidad asociada.

Biogeme reporta estadísticas sobre los parámetros estimados, errores típicos, las pruebas t-student, los valores de probabilidad asociada y el indicador de las variables exógenas con la máxima verosimilitud. Posee algoritmos de optimización diferentes: DONLP2, SOLVOPT, BIO y BIOMC, teniendo en cuenta que cada uno de ellos produce diferentes soluciones. Por lo general, las discrepancias son pequeñas, y se debe a las diferencias numéricas y diversos criterios de detención.

En la etapa de procesamiento de la información se tuvieron en cuenta los datos analizados en la caracterización de los tours, para las comunas investigadas, en donde se obtuvo una gran tendencia de los individuos a realizar viajes en vehículo particular automóvil. Asimismo, a los tours con esta característica representativa se les simuló una alternativa de elección similar, en un modo de servicio público (taxi), de esta manera se garantizó someter a elección de un modo a cada individuo modelado. Es decir, según los resultados de la caracterización realizada, la modelación se centró en representar las condiciones de los viajeros en vehículo particular versus la opción de tomar un modo de servicio público, que según las características socioeconómicas de los individuos del sector de estudio, el modo a competir fue el taxi.

Para la simulación de los tours en modo taxi, se tomaron los mismos tiempos de viaje del automóvil, puesto que el tiempo que el individuo se toma para estacionar el vehículo particular es muy similar al tiempo que el mismo individuo hubiera demorado en buscar o esperar un servicio de taxi.

Como preparación de la información para el procesamiento en el programa Biogeme 2.2, se establecieron

los datos de entrada indicados en el esquema de la Figura 18. -Sistema global de modelado-, acorde a los resultados obtenidos en cada una de las variables analizadas en la caracterización de los tours de la presente investigación.

### 6.5.1 Variables dummy

En econometría no sólo se usan variables que son fácilmente cuantificables (precio, tiempo, costo, etc.), sino también variables que son esencialmente cualitativas, tales como: sexo, raza, religión, nacionalidad, etc.

Estas variables cualitativas son de carácter dicotómico o binario. Por ello, es fácil expresarlas como variables que puedan tomar el valor de 1 ó 0.

En los modelos de elección discreta el tratamiento de éstas variables requiere que sean tomadas en cuenta N-1 ecuaciones de utilidad, de forma análoga a las constantes modales, dado que si aparecieran en todas las alternativas se anularían al generar las diferencias entre éstas.

Las variables que son tomadas en el modelo como continuas, fueron las relacionadas con el tiempo y el costo, las demás variables fueron valoradas como dummy, tal como se indica a continuación:

**Propósito principal del tour:**

Para la elección del patrón de actividad, se propuso en el modelo tres propósitos principales que reflejaron los escenarios encontrados en la muestra del estudio, dando los siguientes:

- "PTrabajo". Tour cuyo propósito principal fue de trabajo asociado a la parada con mayor duración.
- "PEstudio". Tour cuyo propósito principal fue de estudio asociado a la parada con mayor duración.
- "Potros". Tour cuyo propósito principal fue otro asociado a la parada con mayor duración.

**Tipo de usuario del tour:**

En la muestra analizada se establecieron los usuarios más representativos que realizaron tours, clasificando los siguientes:

- "TUTrabajador". Tour cuyo usuario fue una persona con perfil de trabajador.
- "TUEstudiante". Tour cuyo usuario fue una persona con perfil de estudiante.
- "TUOtros". Tour cuyo usuario fue una persona con otro perfil diferente a trabajador o estudiante.

**Hora origen tour:**

En la muestra analizada se establecieron los horarios más frecuentes en que los usuarios inician los respectivos tours, dando lo siguiente:

- "HPM". Tour originado entre 6:00 am a 8:00 am, hora pico mañana.
- "HVM". Tour originado entre 8:00 am a 12:00 m, hora valle mañana.
- "HPMD". Tour originado entre 12:00 m a 2:00 pm, hora pico medio día.
- "OH". Tour originado en otros horarios diferentes con una menor frecuencia en la muestra.

**Número de paradas:**

- En la muestra analizada se establecieron el número de paradas más frecuentes en los respectivos tours, obteniéndose los siguientes:

- "2Parad". Tour cuyo número de paradas fueron dos incluyendo el regreso al hogar.
- "3Parad". Tour cuyo número de paradas fueron tres incluyendo el regreso al hogar.
- "3Mparad". Tour cuyo número de paradas fueron más de tres incluyendo el regreso al hogar.

**Modo y destino:**

Para las alternativas de modo se designaron los campos con las alternativas disponibles para los usuarios, estableciéndose las siguientes variables:

Alternativa 1 modo particular:
- "Tpart". Tiempo generalizado en horas que el individuo utiliza para desplazarse desde que sale del hogar hasta su regreso.
- "Cpart". Costo en pesos colombianos año 2013 de todo el tour realizado por el individuo desde que sale del hogar hasta su regreso en el modo vehículo particular.

Alternativa 2 modo servicio público (taxi):
- "Tsp". Tiempo generalizado en horas que el individuo utiliza para desplazarse desde que sale del hogar hasta su regreso.
- "Csp". Costo en pesos colombianos año 2013 de todo el tour realizado por el individuo desde que sale del hogar hasta su regreso en el modo servicio público.

**Variables complementarias:**

Los tours pueden ser explicados por algunas condiciones no reflejadas directamente en las variables antes consideradas, siendo necesario incluir algunas variables adicionales como lo son:

Rango de duración de la parada principal:
- "Rdu0211": Rango de duración de la parada principal entre 2 y 11 horas para el tour.
- "Rduotras": Rango de duración de la parada principal diferente a 2 y 11 horas para el tour.

Pico y placa:
- "Picoyplaca": Indica si la persona tuvo pico y placa el día en el cual se registran los tours.

Adicionalmente, se vincularon a cada uno de los tours las variables socioeconómicas y demográficas representativas, asociadas a los individuos que realizaron los tours en la muestra de la investigación. Por lo anterior, se establecieron las siguientes variables:

Sexo:

- "Sexo". Tour cuyo usuario fue una persona de sexo masculino.

Edad:

- "E0011". Tour cuyo usuario fue una persona con edad entre 0 y 11 años.
- "E1225". Tour cuyo usuario fue una persona con edad entre 12 y 25 años.
- "E2640". Tour cuyo usuario fue una persona con edad entre 26 y 40 años.
- "E4164". Tour cuyo usuario fue una persona con edad entre 41 y 64 años.
- "Emas65". Tour cuyo usuario fue una persona con edad mayor a 65 años.

Nivel de estudio:

- "Nivestu". Indica si la persona que realizó el tour tiene algún estudio académico.

Ocupación:

- "OTrEst". Indica si la persona que realizó el tour tiene alguna ocupación como trabajador o estudiante.
- "OJubAmac". Indica si la persona que realizó el tour tiene alguna ocupación como jubilado o ama de casa.
- "Otra". Indica si la persona que realizó el tour tiene alguna ocupación diferente a trabajador, estudiante, jubilado o ama de casa.

Tiempo de empleo:

- "Tcompleto". Indica si la persona que realizó el tour tiene un empleo de tiempo completo.
- "Tninguno". Indica si la persona que realizó el tour no tienen tiempo de empleo.
- "Totro". Indica si la persona que realizó el tour tiene un empleo de tiempo diferente al completo.

Lugar de trabajo:

- "Luoficesta". Indica si la persona que realizó el tour tiene como lugar de trabajo una oficina o establecimiento.
- "Lninguno". Indica si la persona que realizó el tour no tiene ningún lugar de trabajo.
- "Luotros". Indica si la persona que realizó el tour tiene un lugar de trabajo diferente a oficina o establecimiento.

Número de vehículos en el hogar:

- "Nuvehihasta3". Indica el número de vehículos propios en los hogares de los individuos es 3 o inferior a tres.
- "Nuvehining0". Indica el número de vehículos propios en los hogares de los individuos es 0.

### 6.5.2 Definición de la función de utilidad esperada

Para evaluar el mayor beneficio percibido por los individuos en el momento de optar por alguna de las alternativas de modo disponibles al realizar el tour, se establecieron inicialmente variables relacionadas con la utilidad esperada en función de: costo del modo k para vehículo particular o servicio público ($C_k$) y cada uno de los atributos ($X_i$) indicados anteriormente. Por lo anterior, se definió una Función de Utilidad ($U_k$) para cada modo, con la siguiente expresión:

$$U_k = \beta_k + \theta_c C_k + \theta_i X_i \quad (8)$$

Donde, $\theta_c$, $\theta_i$ son los parámetros de las variables $C_k$, Xi definidas anteriormente; y $\beta_k$ es la constante modal.

La mejor configuración arrojada por los modelos MNL implementados, mostraron que algunas variables Dummy exhibían mayor significancia al estar presente en las ecuaciones de utilidad de vehículo particular automóvil.

### 6.5.3 Modelos procesados

En la Tabla 57 se muestran los modelos realizados con los datos de preferencias reveladas (PR) de las EOD 2012 para el esquema propuesto en la Figura 18. -Sistema global de modelado-, de la presente investigación.

Adicionalmente, se realizó un análisis de la toma de la alternativa modal al incorporar la variable del Pico y Placa, política vigente actualmente en la ciudad, en comparación con cada una de las variables ($X_i$), dando como resultado que el Pico y Placa no es representativo para la muestra analizada.

En los diferentes escenarios se trabajaron diversas expresiones para la función de utilidad, donde en algunas ocasiones las variables dieron no significativas y por lo tanto, se corrieron más de 40 modelos y se seleccionaron los que presentaban mejores resultados. Ver Anexo 4.

**Tabla 57. Modelos con mejores resultados**

| MODELOS | MNL1 | | MNL2 | | MNL3 | | MNL4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parámetro | Valor | t-test | Valor | t-test | Valor | t-test | Valor | t-test |
| ASC1 | 0.000 | - | 0.000 | - | 0.000 | - | 0.000 | - |
| ASC2 | -0.247 | -0.900 | -0.388 | -1.450 | -1.98 | -11.520 | -1.54 | -9.540 |
| Bc | -0.000024 | -2.360 | -0.000024 | -2.430 | -0.000022 | -2.260 | -0.000030 | -3.120 |
| BNivestudio | 1.60 | 8.060 | 1.58 | 7.980 | - | - | - | - |
| BNuvehinin0 | -1.83 | -13.260 | -1.84 | -13.400 | -1.79 | -13.170 | - | - |
| BSexo | 0.231 | 2.050 | - | - | - | - | - | - |

| MODELOS | MNL1 | | MNL2 | | MNL3 | | MNL4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Parámetro | Valor | t-test | Valor | t-test | Valor | t-test | Valor | t-test |
| BTninguno | -1.25 | -10.580 | -1.29 | -10.950 | -1.53 | -13.630 | - | - |
| BLninguno | - | - | - | - | - | - | -1.52 | -14.320 |
| Número de observaciones | 2337 | | 2337 | | 2337 | | 2337 | |
| Final log-likelihood $\theta_l$ | -1024.156 | | -1026.269 | | -1060.281 | | -1149.440 | |
| Likelihood ratio test | 1191.459 | | 1187.232 | | 1119.208 | | 940.891 | |
| Rho-square $\rho^2$ | 0.368 | | 0.366 | | 0.345 | | 0.290 | |

**Fuente: Elaboración propia**

El modelo MNL 1 es el modelo no restringido de los modelos MNL 2 y MNL 3. El modelo MNL 4 incluyó una variable Dummy (lugar de empleo ninguno) diferente a las consideradas en los otros modelos.

Los valores obtenidos de los parámetros estimados en los modelos para las variables: costo, número de vehículo en el hogar igual a cero, tiempo de empleo ninguno, lugar de empleo ninguno y la constante modal del taxi, arrojaron signos negativos infiriendo una des utilidad hacia el uso del modo vehículo particular. Por otra parte, la variable que indica la tenencia de algún nivel de estudio y sexo favorecen el uso del vehículo particular.

### 6.5.4 Ranking de modelos

Para el ranking de modelos se tiene en cuenta:

- Los signos de las variables, coherencia con la realidad.
- Significancia de las variables: t- test $\geq [1.96]$ para un nivel de significancia del 95%.
- Test de razón de verosimilitud con $X^2_{1,5} = 3.84$ y $X^2_{2,5} = 5.99$
- Test estadístico $\rho^2$: el de mayor magnitud mejor.

**Comparación del modelo MNL1 con MNL2**

El modelo MNL2 es una versión restringida de MNL1, a partir de esto se supone que MNL2 puede explicar el fenómeno mejor que MNL1 con menos variables, así entonces:

Para esta evaluación se utiliza la ecuación que viene dada por:

$$LR = -2\,(\theta_{lRestringido} - \theta_{lNo\ restringido}) \quad (9)$$

LR= -2 ( - 1026.269 – ( - 1024.156 )) = 4.226 y $X^2_{1,5}$ = 3.84

Se deduce que LR > $X^2_{1,5}$, es decir, se encuentra dentro de la zona de aceptación y por lo tanto se acepta el Modelo No Restringido MNL1. Adicional a esto el MNL2 tiene un $\rho^2$ inferior al del MNL1.

**Comparación del MNL1 y MNL3**

LR= -2 ( - 1060.281 – ( - 1024.156 )) = 72.25 y $X^2_{2,5}$ = 5.99

Se deduce que LR > $X^2_{2,5}$, es decir, se encuentra dentro de la zona de aceptación y por lo tanto se acepta el Modelo No Restringido MNL1. Adicional a esto el MNL3 tiene un $\rho^2$ inferior al del MNL1.

**Comparación del MNL1 y MNL4**

Ambos modelos cuentan con signos correctos en sus variables, y t-student con el respectivo nivel de significancia, sin embargo, se observa que el MNL1 tiene una Logverosimilitud $\theta_{l\ MNL1}$= -1024.56 mucho más cercana a cero que $\theta_{l\ MNL4}$= -1149.440. Asimismo, el parámetro $\rho^2_{MNL1}$=0.368 es mayor que el $\rho^2_{MNL4}$= 0.290. Lo que hace que el MNL1 sea mejor.

**Comparación del MNL2 y MNL3**

LR= -2 (- 1060.281 – (- 1026.269 )) = 68.02 y $X^2_{1,5}$ = 3.84

Se deduce que LR > $X^2_{1,5}$, es decir, se encuentra dentro de la zona de aceptación y por lo tanto se acepta el Modelo No Restringido MNL2. Adicional a esto el MNL3 tiene un $\rho^2$ inferior al del MNL1.

**Comparación del MNL3 y MNL4**

Ambos modelos cuentan con signos correctos en sus variables, y t-student con el respectivo nivel de significancia, sin embargo, se observa que el MNL3 tiene una Logverosimilitud $\theta_{l\ MNL3}$= -1060.281 mucho más cercana a cero que $\theta_{l\ MNL4}$= -1149.440. Asimismo, el parámetro $\rho^2_{MNL3}$=0.345 es mayor que el $\rho^2_{MNL4}$= 0.290. Lo que hace que el MNL3 sea mejor.

Por lo anterior, el ranking de los modelos obtenidos de mejor a peor queda así:

MNL1>> MNL2 >> MNL3 >> MNL4

El modelo que mejor explica el fenómeno y ofrece un buen ajuste es el MNL1, que considera: el nivel de estudio de los encuestados, el número de vehículos en el hogar sea igual cero, sexo, que el encuestado no tenga tiempo de empleo, para la elección de modo de viaje desde la zona de estudio basada en tours.

### 6.5.5 Modelo seleccionado

La estructura general del modelo MNL1, basado en tours, elegido para la modalidad predictiva del fenómeno estudiado es la que aparece en la siguiente ecuación:

$$U_{Automovil} = -0.000024\ C_{Automovil} + 1.60\ Nivestudio - 1.83\ Nuvehinin0 + 0.231\ Sexo - 1.25\ Tninguno \quad (10)$$

$$U_{taxi} = -0.247 - 0.000024\ C_{taxi} \quad (11)$$

Nota: cabe recordar que en las anteriores ecuaciones no aparece la variable tiempo debido a que esta sirvió de base para el cálculo de los costos asociados a cada tour, es decir, está correlacionada con la variable costo. Para el caso de la variable Nuvehinin0 esta variable se refiere a aquellos individuos que a pesar de no tener en sus hogares la propiedad de algún vehículo, pueden realizar tours en vehículos particulares como pasajeros: familiares, oficina, amigos, etc. Además de otras situaciones en la que el hecho de no tener la propiedad de un vehículo no implica la imposibilidad de utilizar este modo como alternativa de transporte.

### 6.5.6 Cuotas de mercado de los modos

Con el modelo anterior se determinaron las cuotas de mercado o probabilidad de elección en cada uno de los modos analizados a los que se refiere la presente investigación. Para esto, de la base de datos de la muestra para el procesamiento que contiene 2337 tours, se calculó el valor promedio de los costos en vehículo particular y en taxi, considerando el total de costos del respectivo modo y los tiempos en horas utilizados en los tours.

Con el procedimiento anterior se obtuvo el valor promedio para el costo de vehículo particular de $12420 por hora y en taxi $28420 por hora, con las ecuaciones (10) y (11) se plantearon todas las posibles configuraciones que darían las utilidades esperadas, utilizando los valores promedio calculados de los costos y los posibles valores (0 o 1) que podrían tomar las variables Dummy, dando como resultado la siguiente tabla:

**Tabla 58. Cuotas de mercado de los modos investigados**

| Ecuaciones de utilidad esperada en funcion de las variables y parámetros del modelo para cada modo | | | | | | | | | | | | | | | | | Análisis | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ecuación | θ CAuto | Cauto $ | θ Sexo | Sexo | θ Niestudio | Niestudio | θ Tninguno | Tninguno | θ Nuvehinin0 | Nuvehinin0 | θ Constante modal | Constante modal | θ CTaxi | Ctaxi $ | UAuto | UTaxi | (1)* | (2)* | (3)* |
| 1 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 1 | -1.25 | 0 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | 1.286 | -0.67 | 706 | 30.2% | 30.2% |
| 2 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 1 | -1.25 | 0 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | 1.055 | -0.67 | 505 | 21.6% | 51.8% |
| 3 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 1 | -1.25 | 1 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -0.2 | -0.67 | 378 | 16.2% | 68.0% |
| 4 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 1 | -1.25 | 1 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | 0.036 | -0.67 | 302 | 12.9% | 80.9% |
| 5 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 1 | -1.25 | 1 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -2.03 | -0.67 | 102 | 4.4% | 85.3% |
| 6 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 1 | -1.25 | 0 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -0.54 | -0.67 | 76 | 3.3% | 88.5% |
| 7 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 1 | -1.25 | 0 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -0.78 | -0.67 | 71 | 3.0% | 91.6% |
| 8 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 0 | -1.25 | 1 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -1.8 | -0.67 | 61 | 2.6% | 94.2% |
| 9 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 0 | -1.25 | 1 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -1.56 | -0.67 | 58 | 2.5% | 96.7% |
| 10 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 1 | -1.25 | 1 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -1.79 | -0.67 | 48 | 2.1% | 98.7% |
| 11 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 0 | -1.25 | 1 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -3.39 | -0.67 | 15 | 0.6% | 99.4% |
| 12 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 0 | -1.25 | 1 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -3.63 | -0.67 | 12 | 0.5% | 99.9% |
| 13 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 0 | -1.25 | 0 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -0.31 | -0.67 | 2 | 0.1% | 100.0% |
| 14 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 1 | 1.6 | 0 | -1.25 | 0 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -2.14 | -0.67 | 1 | 0.0% | |
| 15 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 0 | -1.25 | 0 | -1.83 | 0 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -0.55 | -0.67 | 0 | 0.0% | |
| 16 | -0.000024 | $ 12,420 | 0.23 | 0 | 1.6 | 0 | -1.25 | 0 | -1.83 | 1 | -0.247 | 1 | -0.000024 | $ 28,040 | -2.38 | -0.67 | 0 | 0.0% | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Total tours | | 2337 | 100.0% | |
| | UAuto | Utilidad esperada del modo auto | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | UTaxi | Utilidad esperada del modo taxi | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (1) | Número de tours de la muestra del procesamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (2) | Porcentaje respecto a la muestra del procesamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (3) | Porcentaje acumulado de la muestra del procesamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Fuente: Elaboración propia**

De la tabla anterior, se deduce que el 80.9% de la muestra del procesamiento de datos (el mayor número de tours) se puede representar con las 4 primeras ecuaciones, para cuatro tipos de individuos, relacionadas con las siguientes probabilidades de ocurrencia de acuerdo a la ecuación (7):

Las ecuaciones 5 a 16, de la Tabla 58, representan otros tipos de individuos de la muestra según los valores de las posibles combinaciones que pueden tomar las variables Dummy (0 o 1) definidas para la obtención de las utilidades esperadas en cada modo. Estos individuos representan solo el 19.1% de los tours procesados, por lo anterior, no son detalladas en algunos análisis, y en el caso particular de las ecuaciones 15 y 16, de la Tabla 58, no se encontraron individuos con estas características que hubiesen realizado tours en la muestra procesada.

- Probabilidades por modo para individuos tipo 1: sexo masculino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar:

**Tabla 59. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 1**

| Modo | Variable | Valor | Probabilidad |
|---|---|---|---|
| Automóvil | Costo por hora | $ 12420 | 88.0% |
| Taxi | Costo por hora | $ 28040 | 12.0% |

**Fuente: Elaboración propia**

- Probabilidades por modo para individuos tipo 2: sexo femenino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar:

**Tabla 60. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 2**

| Modo | Variable | Valor | Probabilidad |
|---|---|---|---|
| Automóvil | Costo por hora | $ 12420 | 85.0% |
| Taxi | Costo por hora | $ 28040 | 15.0% |

**Fuente: Elaboración propia**

- Probabilidades por modo para individuos tipo 3: sexo femenino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar:

**Tabla 61. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 3**

| Modo | Variable | Valor | Probabilidad |
|---|---|---|---|
| Automóvil | Costo por hora | $ 12420 | 62.0% |
| Taxi | Costo por hora | $ 28040 | 38.0% |

**Fuente: Elaboración propia**

- Probabilidades por modo para individuos tipo 4: sexo masculino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar:

**Tabla 62. Probabilidad de ocurrencia individuos tipo 4**

| Modo | Variable | Valor | Probabilidad |
|---|---|---|---|
| Automóvil | Costo por hora | $ 12420 | 67.0% |
| Taxi | Costo por hora | $ 28040 | 33.0% |

**Fuente: Elaboración propia**

Es posible apreciar que existe una diferencia significativa respecto a la probabilidad de elección de acuerdo a la las variables características más representativas del modelo para cada individuo.

En general el modelo representa de manera adecuada el fenómeno, ya que el modo con mayor probabilidad de elección en todos los casos es el automóvil, comportamiento atribuible a que éste es el modo de transporte más utilizado dentro en las comunas de investigación.

### 6.5.7 Verificación de la capacidad de predicción del modelo versus modos revelados en la encuesta.

Con el objeto de verificar si el modelo predice de manera similar los datos revelados en las encuestas, se realiza una validación comparando la información consolidada real versus la predicción del modelo, con esto se determina la diferencia porcentual de cada modo en el modelo.

**Tabla 63. Verificación de la predicción del modelo versus modos revelados en encuesta**

| Características de individuos | Tours encuesta | Modo | Número de tours revelados en la encuesta por modo | Porcentaje del modo elegido en la encuesta | Probabilidad del Modelo | Número de tours del modelo por modo | Diferencia probabilidad del Modelo respecto a los datos revelados |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tipo 1 | 706 | Auto | 661 | 93.6% | 88.0% | 621 | -5.6% |
| | | Taxi | 45 | 6.4% | 12.0% | 85 | 5.6% |
| Tipo 2 | 505 | Auto | 449 | 88.9% | 85.0% | 429 | -3.9% |
| | | Taxi | 56 | 11.1% | 15.0% | 76 | 3.9% |
| Tipo 3 | 378 | Auto | 277 | 73.3% | 62.0% | 234 | -11.3% |
| | | Taxi | 101 | 26.7% | 38.0% | 144 | 11.3% |
| Tipo 4 | 302 | Auto | 221 | 73.2% | 67.0% | 202 | -6.2% |
| | | Taxi | 81 | 26.8% | 33.0% | 100 | 6.2% |
| Tipo 5 | 102 | Auto | 29 | 28.4% | 21.0% | 21 | -7.4% |
| | | Taxi | 73 | 71.6% | 79.0% | 81 | 7.4% |
| Tipo 6 | 76 | Auto | 51 | 67.1% | 53.0% | 40 | -14.1% |
| | | Taxi | 25 | 32.9% | 47.0% | 36 | 14.1% |
| Tipo 7 | 71 | Auto | 33 | 46.5% | 47.0% | 33 | 0.5% |
| | | Taxi | 38 | 53.5% | 53.0% | 38 | -0.5% |
| Tipo 8 | 61 | Auto | 29 | 47.5% | 25.0% | 15 | -22.5% |
| | | Taxi | 32 | 52.5% | 75.0% | 46 | 22.5% |
| Tipo 9 | 58 | Auto | 13 | 22.4% | 29.0% | 17 | 6.6% |
| | | Taxi | 45 | 77.6% | 71.0% | 41 | -6.6% |
| Tipo 10 | 48 | Auto | 22 | 45.8% | 25.0% | 12 | -20.8% |
| | | Taxi | 26 | 54.2% | 75.0% | 36 | 20.8% |
| Tipo 11 | 15 | Auto | 1 | 6.7% | 6.0% | 1 | -0.7% |
| | | Taxi | 14 | 93.3% | 94.0% | 14 | 0.7% |
| Tipo 12 | 12 | Auto | 2 | 16.7% | 5.0% | 1 | -11.7% |
| | | Taxi | 10 | 83.3% | 95.0% | 11 | 11.7% |
| Tipo 13 | 2 | Auto | 2 | 100.0% | 59.0% | 1 | -41.0% |
| | | Taxi | 0 | 0.0% | 41.0% | 1 | 41.0% |
| Tipo 14 | 1 | Auto | 1 | 100.0% | 19.0% | 0 | -81.0% |
| | | Taxi | 0 | 0.0% | 81.0% | 1 | 81.0% |
| Total | 2,337 | Auto | 1791 | | | 1629 | |
| | | Taxi | 546 | | | 708 | |

**Fuente: Elaboración propia**

El modelo se ajusta con coherencia a los modos revelados en la base de datos de las encuestas, dando diferencias entre las probabilidades de ± 3.9% y ± 11.3%, para los tours que representan el 80.9% de la

muestra, y diferencias más altas en las probabilidades a medida que las observaciones son menores en la muestra analizada. Para el modo auto las encuestas revelaron 1791 tours, el modelo predijo 1629 tours, lo que da una diferencia porcentual del -9.0 %, de forma similar, para el modo taxi las encuestas revelaron 546 tours, el modelo predijo 708 tours, lo que da una diferencia porcentual del 29.6 %, esto se puede dar por la falta de variación en los datos de las preferencias reveladas que permita un mejor ajuste, es un modelo aproximado que necesitaría más variables, más modos y la inclusión por medio de variables latentes o inobservadas de los aspectos psicológicos en los individuos.

### 6.5.8 Elasticidades directas y cruzadas

La elasticidad es el cambio porcentual en la probabilidad de elegir cierta alternativa $A_i$, del conjunto de alternativas $A_j$ cuando se varían los atributos de la alternativa $A_i$ (elasticidad directa), o de otra alternativa $A_j$ (elasticidad cruzada), teniendo en cuenta que también pertenezca al conjunto de elección $A_q$. La elasticidad directa del MNL con respecto a un atributo es:

$$E_{piq}X_{ikq} = \theta_{ik}\, X_{ik}\,(1 - P_{iq}) \quad (12)$$

La elasticidad cruzada del MNL con respecto a un atributo, y modificando el valor de un atributo de otra alternativa es:

$$E_{piq}X_{jkq} = -\theta_{jk}\, X_{jk}\, P_{jq} \quad (13)$$

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las elasticidades directas y cruzadas con las ecuaciones (12) y (13).

- Elasticidad directa y cruzada para el modelo en individuos tipo 1: sexo masculino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar.

**Tabla 64. Elasticidades en individuos tipo 1**

| Modo | Valor por hora promedio | Probabilidad | θ Costo | Delta Costo | Valor por hora incluyendo delta costo | Elasticidad directa al costo | Elasticidad cruzada al costo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Automóvil | $ 12420 | 88.0% | -0.000024 | $ 5000 | $ 17420 | -0.05 | 0.70 |
| Taxi | $ 28040 | 12.0% | | | $ 33040 | -0.70 | 0.05 |

**Fuente: Elaboración propia**

- Elasticidades por modo para individuos tipo 2: sexo femenino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar:

**Tabla 65. Elasticidades en individuos tipo 2**

| Modo | Valor por hora promedio | Probabilidad | θ Costo | Delta Costo | Valor por hora incluyendo delta costo | Elasticidad directa al costo | Elasticidad cruzada al costo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Automóvil | $ 12420 | 85.0% | -0.000024 | $ 5000 | $ 17420 | -0.06 | 0.67 |

| Modo | Valor por hora promedio | Probabilidad | θ Costo | Delta Costo | Valor por hora incluyendo delta costo | Elasticidad directa al costo | Elasticidad cruzada al costo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Taxi | $ 28040 | 15.0% | | | $ 33040 | -0.67 | 0.06 |

**Fuente: Elaboración propia**

- Elasticidades por modo para individuos tipo 3: sexo femenino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar:

**Tabla 66. Elasticidades en individuos tipo 3**

| Modo | Valor por hora promedio | Probabilidad | θ Costo | Delta Costo | Valor por hora incluyendo delta costo | Elasticidad directa al costo | Elasticidad cruzada al costo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Automóvil | $ 12420 | 62.0% | -0.000024 | $ 5000 | $ 17420 | -0.16 | 0.49 |
| Taxi | $ 28040 | 38.0% | | | $ 33040 | -0.49 | 0.16 |

**Fuente: Elaboración propia**

- Elasticidades por modo para individuos tipo 4: sexo masculino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar:

**Tabla 67. Elasticidades en individuos tipo 4**

| Modo | Valor por hora promedio | Probabilidad | θ Costo | Delta Costo | Valor por hora incluyendo delta costo | Elasticidad directa al costo | Elasticidad cruzada al costo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Automóvil | $ 12420 | 67.0% | -0.000024 | $ 5000 | $ 17420 | -0.14 | 0.53 |
| Taxi | $ 28040 | 33.0% | | | $ 33040 | -0.53 | 0.14 |

**Fuente: Elaboración propia**

### 6.5.9 Análisis de las elasticidades

**Elasticidades directas:**

- Para el modelo en individuos tipo 1: sexo masculino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa, la elasticidad directa al costo es -0.05 para el automóvil y -0.70 para el taxi.

- Para el modelo en individuos tipo 2: sexo femenino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa, la elasticidad directa al costo es -0.06 para el automóvil y -0.67 para el taxi.

- Para el modelo en individuos tipo 3: sexo femenino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa, la elasticidad directa al costo es -0.16 para el automóvil y -0.49 para el taxi.

- Para el modelo en individuos tipo 4: sexo masculino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa, la elasticidad directa al costo es -0.14 para el automóvil y -0.53 para el taxi.

De lo anterior se observa que para los individuos hombres con algún tiempo de empleo y mujeres con algún tiempo de empleo, la misma variación del costo tiene incidencia muy similar en las elasticidades directas, en promedio de un -0.06 para auto y -0.69 para taxi.

Por otra parte, para los individuos hombres sin tiempo de empleo y mujeres sin tiempo de empleo, la misma variación del costo tiene incidencia muy similar en las elasticidades directas, en promedio de un -0.15 para auto y -0.51 para taxi.

Las elasticidades directas se verificaron de manera similar para todos los tipos de usuarios en la muestra, los resultados obtenidos están entre 0 y -1, esto indica que la población es inelástica ante estas variaciones en las tarifas de los modos.

**Elasticidades cruzadas:**

- Para el modelo en individuos tipo 1: sexo masculino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa del automóvil, la elasticidad cruzada al costo en el taxi es 0.06, este mismo cambio en la tarifa del taxi, generaría un cambio en la elasticidad cruzada al costo de 0.70 en el automóvil.

- Para el modelo en individuos tipo 2: sexo femenino, con algún nivel de estudio, algún tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa del automóvil, la elasticidad cruzada al costo en el taxi es 0.05, este mismo cambio en la tarifa del taxi, generaría un cambio en la elasticidad cruzada al costo de 0.67 en el automóvil.

- Para el modelo en individuos tipo 3: sexo femenino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa del automóvil, la elasticidad cruzada al costo en el taxi es 0.16, este mismo cambio en la tarifa del taxi, generaría un cambio en la elasticidad cruzada al costo de 0.49 en el automóvil.

- Para el modelo en individuos tipo 4: sexo masculino, con algún nivel de estudio, sin tiempo de empleo y al menos 1 vehículo en el hogar se observa que para una variación de $ 5000 en el costo de la tarifa del automóvil, la elasticidad cruzada al costo en el taxi es 0.14, este mismo cambio en la tarifa del taxi, generaría un cambio en la elasticidad cruzada al costo de 0.53 en el automóvil.

De lo anterior se observa que para los individuos hombres con algún tiempo de empleo y mujeres con algún tiempo de empleo la misma variación del costo para el auto y taxi tiene incidencia muy similar en las elasticidades cruzadas, en promedio de un 0.06 para taxi y 0.69 para auto respectivamente.

Por otra parte, para los individuos mujeres sin tiempo de empleo y hombres sin tiempo de empleo, la misma variación del costo para el auto y taxi tiene incidencia muy similar en las elasticidades cruzadas, en promedio de un 0.15 para taxi y 0.51 para auto respectivamente.

Asimismo, se observa que para los individuos de sexo masculino, para la misma variación de costo del automóvil, al cambiar la característica de tener algún tiempo de empleo a sin tener tiempo de empleo, haría que la elasticidad cruzada al costo varíe de un 0.05 a 0.14 para el taxi. De forma similar, para los individuos mujeres al cambiar la característica de tener algún tiempo de empleo a sin tener tiempo de empleo, haría que la elasticidad cruzada al costo varíe de un 0.06 a 0.16 para el taxi.

Las elasticidades cruzadas se verificaron de manera similar para todos los tipos de usuarios en la muestra, y los resultados obtenidos están entre 0 y 1, esto indica que los modos son sustitutos, un modo remplaza al otro.

# 7 CONCLUSIONES

Luego del desarrollo de la investigación, la metodología aplicada y el procesamiento de la información en el software Biogeme, de acuerdo a los objetivos planteados, se establece que de todas las variables socioeconómicas, demográficas, por usuarios, actividades y demás variables de los individuos, propuestas en la caracterización de los tours para las comunas Laureles y El Poblado, las variables más representativas son: costo del modo, sexo, nivel de estudio, tiempo de empleo y propiedad de vehículos en el hogar.

Las variables representativas utilizadas en la modelación permiten concluir que el uso del automóvil y taxi como modo de transporte en las comunas Laureles y El Poblado, es reflejado por el modelo de manera coherente.

Los resultados del modelo fueron verificados, respecto a las preferencias reveladas de las EOD 2012, arrojando diferencias aceptables en las probabilidades de elección de cada uno de estos modos entre ± 3.9% y ± 11.3%, para los tours que representan el 80.9% de la muestra, y diferencias más altas en las probabilidades a medida que las observaciones son menores en la muestra analizada. Para el modo auto las encuestas revelaron 1791 tours, el modelo predijo 1629 tours, lo que da una diferencia porcentual del -9.0 %, de forma similar, para el modo taxi las encuestas revelaron 546 tours, el modelo predijo 708 tours, lo que da una diferencia porcentual del 29.6 %, dependiendo de las características de los individuos a modelar.

El modelo permite inferir que más del 80% de la población de las comunas Laureles y El Poblado están representados por individuos con algún nivel de estudio y con al menos un vehículo en el hogar. Para esta población la mayor probabilidad de elección de modal es auto, y la variación de esta elección, está sujeta al cambio de otras variables relacionadas, como: incremento del costo del modo, el tiempo de empleo y el sexo.

Para hombres y mujeres en las comunas de investigación, con algún nivel de estudio y al menos 1 vehículo en el hogar, el hecho de no tener un tiempo de empleo, aumenta la probabilidad de utilizar taxi, esto en parte se debe a la imposibilidad económica de mantener un automóvil al no tener algún empleo que represente un ingreso o remuneración que permita la solvencia requerida, además del aumento de tiempo de ocio que facilita eventualmente el uso de vehículos de uso público como taxi, para atender los viajes con diferentes propósitos en lugares donde no hay facilidades de parqueo.

Para cambios significativos en ambas tarifas de los modos automóvil y taxi, las elasticidades muestran la tendencia a que el modo automóvil tiene menos variaciones que el modo taxi, es decir, para las comunas de investigación la población es más inelástica a las variaciones en el uso del auto por su preferencia arraigada a utilización de este modo.

Los resultados obtenidos en los numerales 6.2 y 6.3 de la metodología, según el análisis en las gráficas de

las zonas respecto a viajes, indican que en su mayoría las zonas SIT que componen los tours de las comunas Laureles y El Poblado son diferentes, es decir, los recorridos que hacen las personas de ambas comunas tienen diferentes destinos en sus paradas intermedias y paradas principales, convirtiéndose la incorporación de todas estas zonas en una ventaja para el modelo desarrollado, toda vez que permite abarcar más zonas de las ciudad, con probabilidad de ser representadas en los tours modelados por el algoritmo.

Por otra parte, la caracterización realizada de los tours muestra que los individuos de las comunas Laureles y El Poblado tienen variables que los representan de forma similar.

Las tendencias de las variables para estas dos comunas son coherentes con las consideraciones propuestas para la elección de ambas comunas en el desarrollo de la investigación. El comportamiento de los factores socioeconómicos de los individuos, como la tenencia de vehículos particulares, tiene una influencia similar en los atributos que componen los tours generados por los individuos de estudio.

La población observada de las comunas Laureles y El Poblado, indica que existe una tendencia a aumentar los tours, con la madurez de los individuos, excepto a la edad de 65 años en adelante, edad en la que dicha rutina cambia.

En relación al análisis de los individuos, respecto al sexo, al observar esta característica exclusivamente, no existe una preferencia en la generación de tours en ambas comunas.

Los individuos con nivel de estudios universitario y bachillerato, reflejaron una mayor tendencia a la generación de tours, al contrastar los resultados con los individuos que no tienen ningún nivel de estudio y los de educación no formal, se evidencia que los primeros tienen una programación activa por su perfil. Al complementar este análisis con la variable ocupación, se ratificó que las ocupaciones denominadas trabajador o estudiante son las más frecuentes en los tours, al igual que al realizar el análisis por propósito; en donde trabajo y estudio fueron los más representativos.

De lo anterior se concluye que para la población de estudio, aquellas actividades en las que se tienen horarios establecidos, tienen una mayor incidencia en la generación de tours, a diferencia de los resultados de aquellas ocupaciones en las que no existe un horario definido como el caso del desempleado, ninguna o jubilado. Cabe resaltar que en otras poblaciones es posible que al no existir horario definido para el individuo, se tenga una mayor probabilidad de realizar tours no obligados.

El análisis de las variables de los tours para las comunas de estudio, respecto a la variable Sector de Trabajo, permite inferir que el comercio es el más representativo para los individuos, guardando relación con la necesidad de desplazamiento de estos individuos con hábitos normales en actividades de mercadeo.

Los individuos con perfiles de jefes, profesionales y asistente administrativo, en esta población, revelan tendencias similares en la generación de tours, sin embargo, los demás perfiles relacionados con otras labores, tienen una incidencia representativa en la generación de tours. Desde el punto de vista de clasificación de los tours, estos resultados pueden también representar el nivel socioeconómico en el que

se desenvuelven las personas de la población de análisis.

Los individuos de la muestra en esta investigación cuyo lugar de trabajo es oficina o establecimiento, o los que no tienen ningún lugar de trabajo, generaron un mayor número tours. Cabe resaltar que dicho resultado es razonable dado que las personas que no tienen un lugar de trabajo definido cuentan con una mayor disponibilidad para hacer tours, inclusive en el caso de no laborar. Asimismo, el análisis permitió concluir que aquellas personas que laboran en sus casas, no generan tours representativos para esta población de análisis.

El análisis de los hogares donde poseen máximo uno o dos vehículos propios, permite interpretar que a mayor número de vehículos de propiedad de un hogar, no se presenta una relación directa con la generación de tours.

La población estudiada genera principalmente tours de dos paradas incluyendo el hogar, es decir, viajes de ida al destino principal y posterior regreso al hogar. Asimismo, se identifica que los tours de tres paradas, incluyendo el hogar, son el número de paradas que sigue en orden de representación. Por lo anterior, en su mayoría, la población analizada no realiza tours complejos, que podrían incluir muchas más variables para modelar su comportamiento. Por otra parte, la parada principal de los tours analizados tiene por lo general una duración entre 4 horas y 11 horas. Sin embargo, existe una representación significativa de tours, en otros rangos de tiempo, que hacen alusión a otras paradas principales que requieren de una mayor o menor duración, dependiendo de la actividad que realiza el individuo.

La muestra indica que la población genera tours con un tiempo de viaje no mayor a 1.5 horas, los tiempos de viaje largos que se evidencian en algunos tours, pueden estar relacionados con factores de congestión e impedancia generalizada, en el momento de cruzar por algunas zonas, debido a que en estos tiempos de análisis no se incluyó los tiempos de las paradas, y adicionalmente, como se observó en los numerales 6.2.10 y 6.3.10 -Tours por número de paradas-, los tours no superaron de forma representativa dos paradas incluyendo el hogar. Por otra parte, el análisis de los tours por tiempo de viaje y sexo, arrojó que para ambos sexos son similares.

La población observada genera tours con una duración, considerando el tiempo de las paradas, desde 4 horas hasta 17 horas. Adicionalmente, por lo general, tours que duren menos de 1 hora son poco frecuentes. La proporción de tours es mayor a medida que el rango de duraciones aumenta, excepto cuando se llega a la duración de tours mayores a 11 horas.

En el análisis de la hora origen con mayor preferencia para realizar los tour se obtuvo que la generación de tours ocurre de manera significativa antes de las 2 pm para la población estudiada. Adicionalmente, a medida que el día transcurre, la generación de tours va en disminución, característica que obedece en parte a la cultura de los individuos, y a los horarios de actividad en la ciudad, en su mayoría diurnos.

Por otra parte, en los tours por modo y sexo, para la comuna El Poblado, se obtuvo en la muestra analizada una preferencia similar del hombre y la mujer hacia el uso de todos los modos, pero en general, se observa una baja proporción de tours realizados por modos no motorizados (caminata), lo anterior,

tendría explicación, entre otros aspectos, por la topografía con pendientes pronunciadas de la comuna El Poblado.

Para ambas comunas estudiadas, se obtuvo un bajo uso del modo Metro, esto se debe en parte, a la gran distancia que existe desde las zonas que componen esta comuna, hasta las estaciones de Metro.

En el análisis de los tours por propósito y sexo las tendencias en cuanto a preferencias son similares en ambos sexos, sin embargo en general existe un mayor número de tours realizados por los hombres en los propósitos de trabajo.

El análisis de la hora origen para los modos; particular automóvil, transporte público y servicio público taxi, y los propósitos; trabajo y estudio, tienen una tendencia muy marcada a ser realizados en las horas de la mañana.

En el Anexo 3 -Resultados caracterización de tours- se muestran los resultados más representativos de las variables consideradas para la modelación de los tours realizada.

# 8 RECOMENDACIONES

El modelo desarrollado en esta investigación basado en tours para el reparto modal, es un primer paso para las demás investigaciones que se pueden implementar en la ciudad de Medellín desde este enfoque. Se propone para futuras modelaciones integrar la generación, distribución y asignación de los tours, representando de manera continua el espacio y las características que pesan al momento de tomar las decisiones los individuos. El destino de los tours puede ser modelado en función de las probabilidades de distancias para los tours de las encuestas de preferencias reveladas. Se recomienda también incluir más modos de transporte con el fin de obtener modelos de tours más ajustados a la realidad.

Los futuros modelos deberán considerar las características propias y más representativas de la zona de estudio que se quiera investigar, implementando por ejemplo métodos como la maximización de la entropía (utilizada en transporte de carga para obtener la distribución de tours más probable), la información del número de centros generadores de empleo en las zonas SIT, y toda aquella información que sirva de base para la generación y distribución de los tours, como la ubicación y número de estudiantes en las escuelas, con una red vial que permita incorporar la asignación en tours hasta alcanzar el equilibrio del tráfico, tanto para los usuarios como para el sistema (Equilibrio de Wardrop).

En futuras modelaciones basadas en tours también se deberá incluir los efectos de políticas de transporte como: el pico y placa, peajes por congestión, ocupación mínima de vehículos, complementando las encuestas con variables latentes o inobservadas que permitan analizar la renuencia de los individuos a utilizar algún modo frente a diferentes escenarios.

Una modelación basada totalmente en tours, podrá representar de manera más ajustada, respecto a lo realmente observado la demanda de transporte en la ciudad, pudiéndose complementar, la información existente, con encuestas de preferencias declaradas que permita estimar otras variables y parámetros significativos para los escenarios a predecir.

## BIBLIOGRAFÍA

Anderson, R., Giaimo, G., Bhat, C., Ferdous N., Schmitt. D., 2011. Comparing Aggregate Trip Based and Disaggregate Tour Based Travel Demand Models: Highway Results. Transportation Research Board – 91st Annual Meeting – Washington, D.C.

Ben-Akiva, M., Bowman, J., Gopinath, D., 1996. Travel demand model system for the information era. Transportation, p. 241-266.

Berechman, J., 2002. Transport investment and economic development: is there a link? Transport and Economic Development, ECMT, Round table 119, OECD, Paris, p. 103-138.

Bowman, J. L. and M. E. Ben-Akiva. 1996. Activity-based travel forecasting. Proceedings of the activity-based travel forecasting conference, June 2– 5. 2001. Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. Transportation Research A, 35: 1– 28.

Bowman, J.L., 1995. Activity based travel demand model system with daily activity schedules. Master of Science in Transportation Thesis, Massachusetts Institute of Technology, USA.

Bowman, J.L., Bradley, M, Shiftan, Y, Keith, T and Ben-Akiva, M., 1998. Demonstration of an Activity-Based Model System for Portlan. Proceedings from the 8th World Conference on Transport Research, Volume 3: Transport Modeling Assessment.

Boyce, D., 2002. Is the sequential travel forecasting procedure counterproductive: ASCE Journal of Urban Planning and Development, No. 128: p.169– 183.

Bruton, M.J. 1985. Introduction to Transportation Planning 3ed. Hutchinson, London.

Cascetta, E., Biggiero, L., 1997. Integrated models for simulating the Italian passenger transport system. In: Eighth Symposium on Transportation Systems. Chania, Greece, p. 315-321.

Córdoba, J.E., 2010. Modelo de elección discreta integrando variables latentes y racionalidad limitada. Tesis Doctoral. Medellín.

Doherty, S.T. and Mohammadian, A. 2007. Validity of Using Activity type to Structure Tour-Based Scheduling Models. Proceedings of 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, (CD-ROM), Whashington, D.C.

Ettema D.F. and H. J. P. Timmermans. 1997. Theories and Models of Activity Patterns. Activity-Based Approaches to Travel Analysis. Oxford, UK: Elsevier.

Ferdous N., Bhat C. R., Vana L., Schmitt D., Bowman J. L., Bradley M., Pendyala R. M., Anderson R. and Giaimo G., 2011. A Comparison of the Four-Step Versus Tour-Based Models in the Context of Predicting Travel Behavior Before and After Transportation System Changes. 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board.

García, J. J., 2007. ¿Existe una relación entre inversión e infraestructura de transporte y crecimiento económico?. Ecos de Economía No. 25 Medellín.

Kitamura, R. 1996. Applications of models of activity behavior for activity-based demand forecasting. Proceedings of the Activity-Based Travel Forecasting Conference, June 2 - 5.

Krysman, S., Arentze, T. and Timmermans, H., 2006. The Validity of Using Activity Type to Structure Tour-based Scheduling Models. Transportation Research Part A, p. 913-933.

Levine, R. y Renelt, D., 1992. A sensitivity analysis of cross-country growth regressions, American Economic Review, V. 82, p. 942-963.

Liu C. y Ducca F. W., 2011, Exploring the Influence of Urban Form on Travel and Energy Consumption: a Tour-based or a Trip-based Analysis?. Submitted for Presentation at the 2012 TRB Annual Meeting and Publication Consideration in 27 the Transportation Research Record.

Moreno, D.P., 2008. El Problema de Movilidad en Campus Universitarios. Caso Aplicado: Universidad de Antioquia, Tesis de Maestría. Medellín.

Paleti R, Pendyala R. M., Bhat C. R. y Konduri K. C., 2012. A joint tour-based model of tour complexity, passenger accompaniment, vehicle type choice, and tour length. 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board.

Perdomo, A., 2005. Modelo de infraestructura en transporte: el capital de infraestructura como un capital complementario, Archivos de Economía, Departamento Nacional de Planeación. Documento 294. República de Colombia.

Rossi, T.F., Shiftan, Y., 1997. Tour Based Travel Demand Modeling in the US. In: Eighth Symposium on Transportation Systems. Ghania, Greece, p. 409-414.

Shiftan, Y., 1995. A practical approach to incorporate trip chaining in urban travel models. In: Fifth National Conference on Transportation Planning Methods and Applications. Seattle, Washington.

Smith, M. E, 1979. Design of small simple home interviews travel surveys. Transportation Research Record 701, 289-294.

Universidad Nacional de Colombia, Municipio de Medellín, Área Metropolitana y Departamento Administrativo de Planeación de Medellín, 2012. Encuestas Origen Destino de Hogares y de Carga

para el Valle de Aburrá.

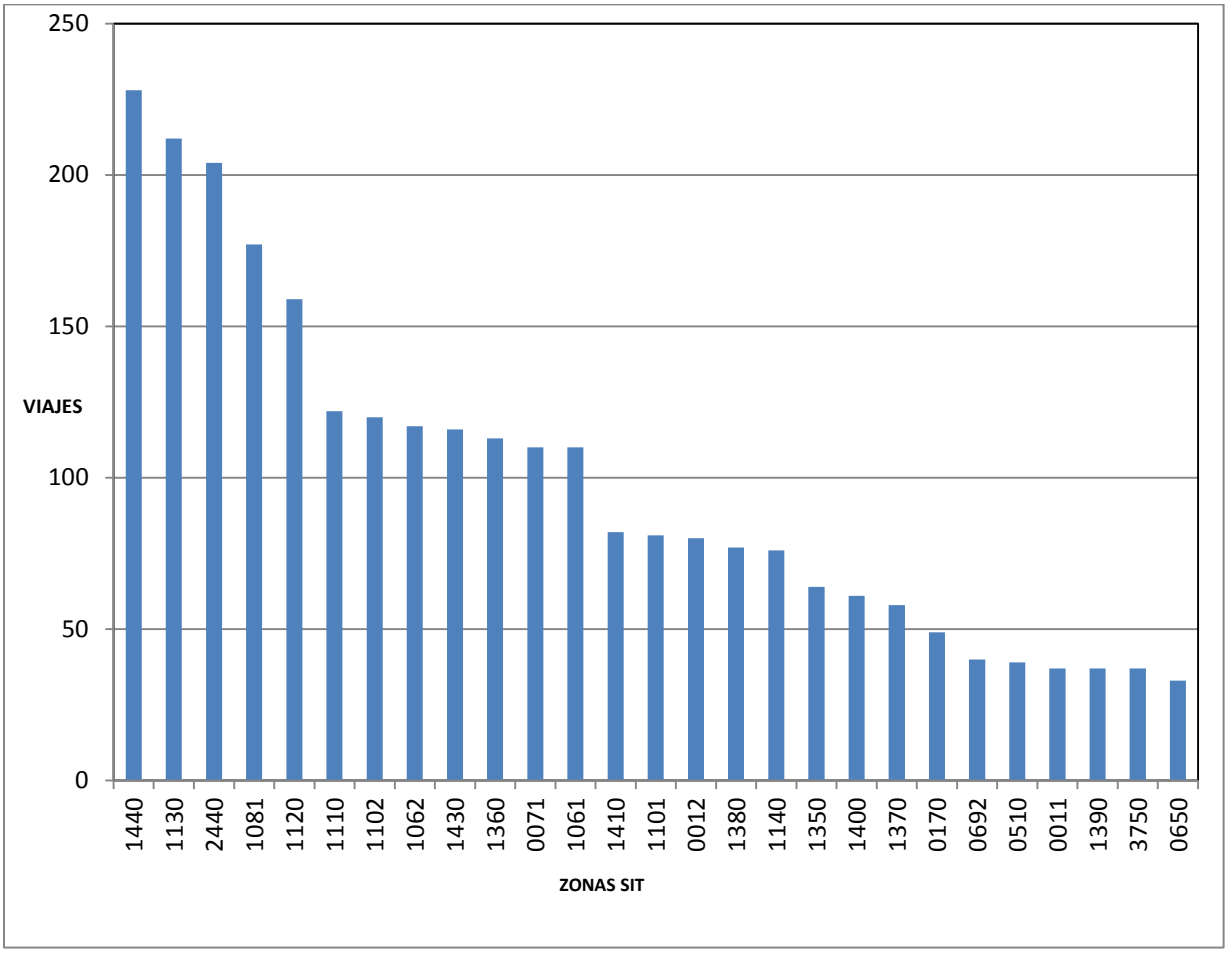
Vickerman, R., 2001. Transport and economic growth, Assessing the benefits of transport, OECD, Paris, p. 115-139.

Yagi, S. and Mohammadian, A., 2006. An Activity-Based Microsimulation Model of Travel Demand in the Jakarta Metropolitan Area, Proceedings of the International Conference on Travel Behavior Research, August 16 – 20.

# ANEXOS

## Anexo 1

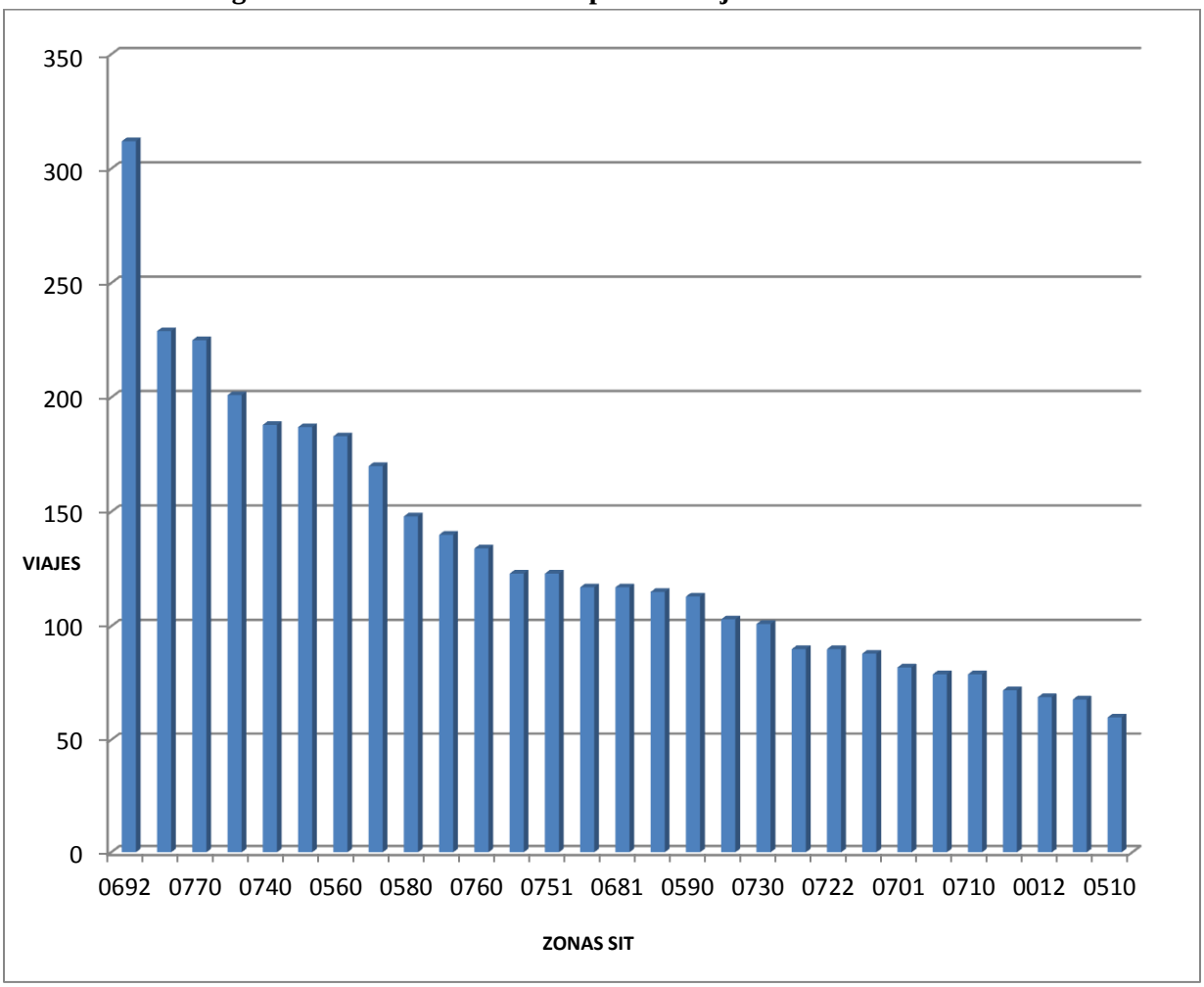
**Figura 19. Gráfica de zonas respecto a viajes comuna Laureles**




**Fuente: Elaboración propia**

**Anexo 2**

**Figura 20. Gráfica de zonas respecto a viajes comuna El Poblado**




**Fuente: Elaboración propia**

## Anexo 3

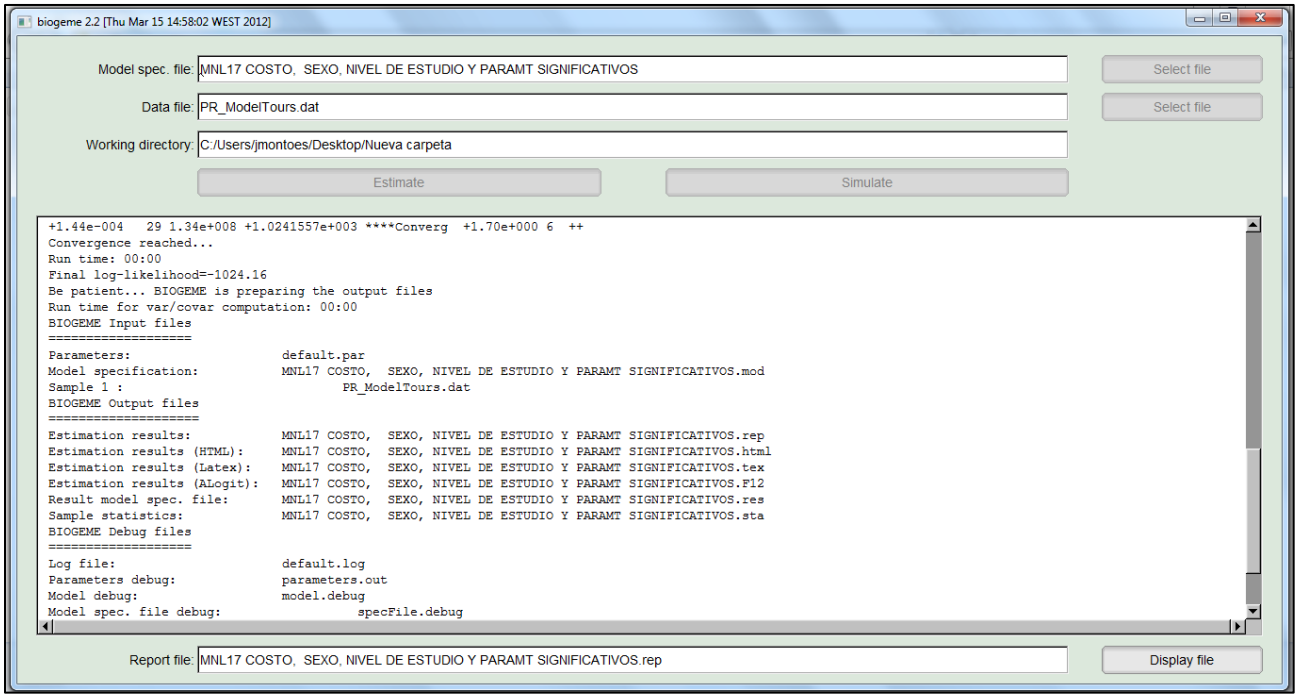
## Tabla 68. Resultados caracterización de tours

| No. | tipo | Comuna 11 | | Comuna 14 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Tours por edad | Más del 50% de la población | 26 a 64 años | Más del 50% de la población | 26 a 64 años |
| 2 | Tours por sexo | No hay preferencia | | No hay preferencia | |
| 3 | Tours por nivel de estudio | Más del 50% de la población | Universitario y Bachillerato | Más del 50% de la población | Universitario y Bachillerato |
| 4 | Tours por Ocupación | Más del 50% de la población | Trabajador y Estudiante | Más del 50% de la población | Trabajador y Estudiante |
| 5 | Tours por tiempo de empleo | Más del 50% de la población | tiempo completo y ningúno | Más del 50% de la población | tiempo completo y ningúno |
| 6 | Tours por sector de trabajo | Más del 50% de la población | Comercio y Otros | Más del 50% de la población | Comercio y Otros |
| 7 | Tours por labor | Más del 50% de la población | Profesional o rol de Jefe | Más del 50% de la población | Profesional o rol de Jefe |
| 8 | Tours por lugar de trabajo | Más del 99% de la población | Oficina o establecimiento o no tiene | Más del 90% de la población | Oficina o establecimiento o no tiene |
| 9 | Tours por No. de vehículos | el 97% de la población | Máximo un vehículo | 89% de la población | Máximo un vehículo |
| 10 | Tours por No. de paradas | 92% de la población | Tours de dos paradas | 86% de la población | Tours de dos paradas |
| 11 | Tours por duración de la parada principal | Más del 50% de la población | entre 4 horas y 11 horas | Más del 50% de la población | 2 horas y 11 horas |
| 12 | Tours por propósito | Más del 50% de la población | trabajo o estudio | Más del 50% de la población | trabajo o estudio |
| 13 | Tours por tiempo del viaje | 80% de la población | viaje no mayor a 1.5 horas | 79% de la población | viaje no mayor a 1.5 horas |
| 14 | Tours por duración del tour | 74% de la población | desde las 4 horas hasta las 17 horas | 75% de la población | desde las 4 horas hasta las 17 horas |
| 15 | Tours por modo | Más del 50% de la población | Particular y transporte público | Más del 50% de la población | Particular y servicio público taxi |
| 16 | Tours por hora origen | Más del 50% de la población | hora pico de la mañana | Más del 52% de la población | hora pico de la mañana |
| 17 | Tours por modos y sexo | Hombre modo particular | Mujer Transporte público | Tendencia Hombre y Mujer | similares |
| 18 | Tours por propósito y sexo | Tendencia Hombre y Mujer | similares | Tendencia Hombre y Mujer | similares |
| 19 | Tours por tiempo de viaje y sexo | Tendencia Hombre y Mujer | similares | Tendencia Hombre y Mujer | similares |
| 20 | Tours por hora origen y propósito | Trabajo y estudio | horas pico de la mañana | Trabajo y estudio | horas pico de la mañana |
| 21 | Tours por hora origen y modo | Particular automóvil, transporte público y servicio público taxi | horas pico de la mañana | Particular automóvil, transporte público y servicio público taxi | horas pico de la mañana |

**Fuente: Elaboración propia**

## Anexo 4

**Figura 21. Ejemplo de procesamiento de la información**




**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 69. Resumen ejemplos de modelos procesados 1 a 5**

| MODELOS | MNL1P TODAS LAS VARIABLES CON DATOS EN TODOS LOS TOURS | | MNL2P COSTO, TIEMPO, SEXO Y NIVEL DE ESTUDIO | | MNL3P COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y PROPOSITOS | | MNL4P COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y USUARIOS | | MNL5P COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y HORA INICIO TOUR | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Name | Value | t-test | Value | t-test | Value | t-test | Value | t-test | Value | t-test |
| ASC1 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| ASC2 | -0.040300 | 0.000000 | 1.540000 | 6.550000 | 0.646000 | 0.000000 | 0.571000 | 0.000000 | 1.140000 | 0.000000 |
| Bc | -0.000064 | -2.870000 | -0.000037 | -3.830000 | -0.000036 | -3.490000 | -0.000029 | -2.950000 | -0.000042 | -4.320000 |
| Bdir | -0.001770 | -0.500000 | | | | | | | | |
| Bdpp | -0.461000 | -0.490000 | | | | | | | | |
| BE0011 | -0.909000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BE1225 | 0.105000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BE2640 | 0.303000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BE4164 | 0.416000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BEmas65 | 0.125000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BHPM | -0.337000 | 0.000000 | | | | | | | -0.638000 | 0.000000 |
| BHPMD | -0.001130 | 0.000000 | | | | | | | -0.274000 | 0.000000 |
| BHVM | 0.167000 | 0.000000 | | | | | | | -0.191000 | 0.000000 |
| BLuning | -0.635000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BLuoficesta | 0.661000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BLuotros | 0.014200 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BNivestudio | 0.391000 | 1.190000 | 2.140000 | 11.550000 | 1.330000 | 6.620000 | 1.320000 | 6.710000 | 2.060000 | 10.970000 |
| BNuvehihas3 | 1.010000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BNuvehinin0 | -0.971000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BOH | 0.212000 | 0.000000 | | | | | | | -0.034600 | 0.000000 |
| BOJubAmac | -0.110000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BOtra | 0.252000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BOTrEst | -0.101000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| Bpa2 | -0.685000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| Bpa3 | 0.028700 | 0.000000 | | | | | | | | |
| Bpam3 | 0.697000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BPEstudio | -0.844000 | 0.000000 | | | -1.280000 | 0.000000 | | | | |
| BPotros | 0.434000 | 0.000000 | | | 0.141000 | 0.000000 | | | | |
| BPtrabajo | 0.451000 | 0.000000 | | | 0.494000 | 0.000000 | | | | |
| BRdu0211 | -0.073700 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BRduotras | 0.114000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BSexo | 0.363000 | 2.990000 | 0.456000 | 4.420000 | 0.424000 | 3.870000 | 0.379000 | 3.470000 | 0.496000 | 4.760000 |
| Bt | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| BTcompleto | -0.188000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BTninguno | 0.573000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BTotro | -0.345000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| Btpp | 10.500000 | 0.440000 | | | | | | | | |
| BTUEstudian | 0.240000 | 0.000000 | | | | | -1.020000 | 0.000000 | | |
| BTUOtros | -0.335000 | 0.000000 | | | | | -0.200000 | 0.000000 | | |
| BTUTrabaja | 0.135000 | 0.000000 | | | | | 0.651000 | 0.000000 | | |
| | | | | | | | | | | |
| Number of estimated parameters: | 39.000000 | | 5.000000 | | 8.000000 | | 8.000000 | | 9.000000 | |
| Number of observations: | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | |
| Final log-likelihood: | -940.141000 | | -1179.631000 | | -1085.051000 | | -1094.985000 | | -1168.641000 | |
| Likelihood ratio test: | 1359.489000 | | 880.508000 | | 1069.668000 | | 1049.801000 | | 902.488000 | |
| Rho-square: | 0.420000 | | 0.272000 | | 0.330000 | | 0.324000 | | 0.279000 | |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 70. Resumen ejemplos de modelos procesados 6 a 10**

| MODELOS | **MNL6P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y NÚMERO DE PARADAS | | **MNL7P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y DISTANCIA PARADA PRINCIPAL | | **MNL8P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y DURA PARADA PRINCIPAL | | **MNL9P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y EDAD | | **MNL10P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y OCUPACIÓN | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Name | Value | t-test | Value | t-test | Value | t-test | Value | t-test | Value | t-test |
| ASC1 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| ASC2 | 0.205000 | 0.000000 | 1.840000 | 7.360000 | 0.964000 | 0.000000 | 0.149000 | 0.000000 | 1.200000 | 5.250000 |
| Bc | -0.000006 | -0.540000 | -0.000099 | -5.650000 | -0.000040 | -4.120000 | -0.000033 | -3.300000 | -0.000036 | -3.790000 |
| Bdir | | | | | | | | | | |
| Bdpp | | | -0.055600 | -0.070000 | | | | | | |
| BE0011 | | | | | | | -1.600000 | 0.000000 | | |
| BE1225 | | | | | | | -0.394000 | 0.000000 | | |
| BE2640 | | | | | | | 0.890000 | 0.000000 | | |
| BE4164 | | | | | | | 0.867000 | 0.000000 | | |
| BEmas65 | | | | | | | 0.084800 | 0.000000 | | |
| BHPM | | | | | | | | | | |
| BHPMD | | | | | | | | | | |
| BHVM | | | | | | | | | | |
| BLuning | | | | | | | | | | |
| BLuoficesta | | | | | | | | | | |
| BLuotros | | | | | | | | | | |
| BNivestudio | 2.070000 | 11.170000 | 2.140000 | 11.480000 | 2.080000 | 11.140000 | 0.417000 | 1.380000 | 2.150000 | 11.280000 |
| BNuvehihas3 | | | | | | | | | | |
| BNuvehinin0 | | | | | | | | | | |
| BOH | | | | | | | | | | |
| BOJubAmac | | | | | | | | | -0.465000 | 0.000000 |
| BOtra | | | | | | | | | -0.464000 | -1.080000 |
| BOTrEst | | | | | | | | | -0.274000 | 0.000000 |
| Bpa2 | -0.941000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| Bpa3 | 0.085900 | 0.000000 | | | | | | | | |
| Bpam3 | 0.650000 | 0.000000 | | | | | | | | |
| BPEstudio | | | | | | | | | | |
| BPotros | | | | | | | | | | |
| BPtrabajo | | | | | | | | | | |
| BRdu0211 | | | | | -0.658000 | 0.000000 | | | | |
| BRduotras | | | | | -0.306000 | 0.000000 | | | | |
| BSexo | 0.489000 | 4.720000 | 0.449000 | 4.330000 | 0.466000 | 4.500000 | 0.491000 | 4.570000 | 0.425000 | 4.030000 |
| Bt | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| BTcompleto | | | | | | | | | | |
| BTninguno | | | | | | | | | | |
| BTotro | | | | | | | | | | |
| Btpp | | | 0.019500 | 0.000000 | | | | | | |
| BTUEstudian | | | | | | | | | | |
| BTUOtros | | | | | | | | | | |
| BTUTrabaja | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Number of estimated parameters: | 8.000000 | | 7.000000 | | 7.000000 | | 10.000000 | | 8.000000 | |
| Number of observations: | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | |
| Final log-likelihood: | -1164.063000 | | -1168.162000 | | -1175.290000 | | -1099.641000 | | -1178.484000 | |
| Likelihood ratio test: | 911.644000 | | 903.445000 | | 889.189000 | | 1040.487000 | | 882.801000 | |
| Rho-square: | 0.281000 | | 0.279000 | | 0.274000 | | 0.321000 | 0.000000 | 0.272000 | |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 71. Resumen ejemplos de modelos procesados 11 a 15**

| MODELOS | **MNL11P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y TIEMPO DE EMPLEO | | **MNL12P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y LUGAR DE TRABAJO | | **MNL13P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y NÚMERO DE VEHÍCULOS | | **MNL14P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y SOLO NIVELES SIGNIFICATIVOS | | **MNL15P** COSTO, TIEMPO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y SOLO PARAMET SIGNIFICATIVOS EN ALGUNOS MODEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Name** | **Value** | **t-test** | **Value** | **t-test** | **Value** | **t-test** | **Value** | **t-test** | Value | t-test |
| ASC1 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | **0.000000** | **0.000000** | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| ASC2 | 0.455000 | 1.710000 | 0.484000 | 0.000000 | **1.370000** | **6.010000** | 0.621000 | 0.000000 | 0.039900 | 0.130000 |
| Bc | -0.000030 | -3.050000 | -0.000031 | -3.180000 | **-0.000029** | **-2.990000** | -0.000023 | -2.270000 | -0.000023 | -2.270000 |
| Bdir | | | | | | | | | | |
| Bdpp | | | | | | | | | | |
| BE0011 | | | | | | | | | | |
| BE1225 | | | | | | | | | | |
| BE2640 | | | | | | | | | | |
| BE4164 | | | | | | | | | | |
| BEmas65 | | | | | | | | | | |
| BHPM | | | | | | | | | | |
| BHPMD | | | | | | | | | | |
| BHVM | | | | | | | | | | |
| BLuning | | | -0.912000 | 0.000000 | | | | | | |
| BLuoficesta | | | 0.461000 | 0.000000 | | | | | | |
| BLuotros | | | -0.033100 | 0.000000 | | | | | | |
| BNivestudio | 1.490000 | 7.760000 | 1.500000 | 7.790000 | **2.250000** | **11.690000** | 1.600000 | 8.050000 | 1.600000 | 8.040000 |
| BNuvehihas3 | | | | | **0.233000** | **1.130000** | 0.601000 | 0.000000 | | |
| BNuvehinin0 | | | | | **-1.610000** | **-7.270000** | -1.220000 | 0.000000 | -1.820000 | -13.240000 |
| BOH | | | | | | | | | | |
| BOJubAmac | | | | | | | | | | |
| BOtra | | | | | | | | | | |
| BOTrEst | | | | | | | | | | |
| Bpa2 | | | | | | | | | | |
| Bpa3 | | | | | | | | | | |
| Bpam3 | | | | | | | | | | |
| BPEstudio | | | | | | | | | | |
| BPotros | | | | | | | | | | |
| BPtrabajo | | | | | | | | | | |
| BRdu0211 | | | | | | | | | | |
| BRduotras | | | | | | | | | | |
| BSexo | 0.282000 | 2.630000 | 0.303000 | 2.830000 | **0.388000** | **3.570000** | 0.213000 | 1.880000 | 0.213000 | 1.890000 |
| Bt | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | **0.000000** | **0.000000** | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| BTcompleto | 0.434000 | 4.620000 | | | | | 0.369000 | 0.000000 | 0.392000 | 1.820000 |
| BTninguno | -0.911000 | -10.180000 | | | | | -0.962000 | 0.000000 | -0.940000 | -4.550000 |
| BTotro | 0.022700 | 0.510000 | | | | | -0.027600 | 0.000000 | | |
| Btpp | | | | | | | | | | |
| BTUEstudian | | | | | | | | | | |
| BTUOtros | | | | | | | | | | |
| BTUTrabaja | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| **Number of estimated parameters:** | 8.000000 | | 8.000000 | | 7.000000 | | 10.000000 | | 8.000000 | |
| **Number of observations:** | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | | 2337.000000 | |
| **Final log-likelihood:** | -1111.564000 | | -1110.315000 | | -1082.397000 | | -1022.543000 | | -1022.544000 | |
| **Likelihood ratio test:** | 1016.641000 | | 1019.140000 | | 1074.976000 | | 1194.683000 | | 1194.682000 | |
| **Rho-square:** | 0.314000 | | 0.315000 | | 0.332000 | | 0.369000 | | 0.369000 | |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 72. Resumen ejemplos de modelos procesados 16 y 17**

| MODELOS | **MNL16P** COSTO, NIVEL DE ESTUDIO Y PARAMET SIGNIFICATIVOS | | **MNL17P** COSTO, SEXO, NIVEL DE ESTUDIO Y PARAMET SIGNIFICATIVOS | |
|---|---|---|---|---|
| **Name** | Value | t-test | Value | t-test |
| ASC1 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| ASC2 | -0.388000 | -1.450000 | -0.247000 | -0.900000 |
| Bc | -0.000024 | -2.430000 | -0.000024 | -2.360000 |
| Bdir | | | | |
| Bdpp | | | | |
| BE0011 | | | | |
| BE1225 | | | | |
| BE2640 | | | | |
| BE4164 | | | | |
| BEmas65 | | | | |
| BHPM | | | | |
| BHPMD | | | | |
| BHVM | | | | |
| BLuning | | | | |
| BLuoficesta | | | | |
| BLuotros | | | | |
| BNivestudio | 1.580000 | 7.980000 | 1.600000 | 8.060000 |
| BNuvehihas3 | | | | |
| BNuvehinin0 | -1.840000 | -13.400000 | -1.830000 | -13.260000 |
| BOH | | | | |
| BOJubAmac | | | | |
| BOtra | | | | |
| BOTrEst | | | | |
| Bpa2 | | | | |
| Bpa3 | | | | |
| Bpam3 | | | | |
| BPEstudio | | | | |
| BPotros | | | | |
| BPtrabajo | | | | |
| BRdu0211 | | | | |
| BRduotras | | | | |
| BSexo | | | 0.231000 | 2.050000 |
| Bt | | | | |
| BTcompleto | | | | |
| BTninguno | -1.290000 | -10.950000 | -1.250000 | -10.580000 |
| BTotro | | | | |
| Btpp | | | | |
| BTUEstudian | | | | |
| BTUOtros | | | | |
| BTUTrabaja | | | | |
| | | | | |
| **Number of estimated parameters:** | 5.000000 | | 6.000000 | |
| **Number of observations:** | 2337.000000 | | 2337.000000 | |
| **Final log-likelihood:** | -1026.269000 | | -1024.156000 | |
| **Likelihood ratio test:** | 1187.232000 | | 1191.459000 | |
| **Rho-square:** | 0.366000 | | 0.368000 | |

**Fuente: Elaboración propia**