



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín Antioquia.

Eduardo Nicolás Cueto Fuentes

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas y Económicas, Departamento Economía

Medellín, Colombia

2015

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín Antioquia.

Eduardo Nicolás Cueto Fuentes

Trabajo Final de Maestría presentado como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ciencias Económicas

Director (a):

D.Sc. Sergio Botero Botero

Línea de investigación:

Microeconomía

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas y Económicas, Departamento Economía

Medellín, Colombia

2015

“Honradez, laboriosidad, prudencia y economía.

He aquí las cuatro cifras de la clave del éxito”

James A. Garfield

Agradecimientos

A Dios, mi hijo Nicolás, mis padres y hermanas, que siempre han estado ahí en los momentos de holgura y carestía, felicidad y tristeza por su amor incondicional gracias doy a Dios...

Extiendo un agradecimiento especial a mí asesor de trabajo final de la Maestría Sergio Botero, quien con su paciencia y experticia contribuyó de manera directa a la terminación de esta investigación.

Resumen

El presente trabajo se basa en los últimos estudios de transporte que se realizaron en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá: Estudio de rutas de buses, Modelación de la Red Vial del Valle de Aburrá, y Plan Maestro de Movilidad. Se genera el **análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín Antioquia**, utilizando el modelo de elección discreta Logit Multinomial y la matriz de Vester, los cuales determinan que existe una preferencia por el SIT, en comparación con el modo de transporte bus o colectivo, bajo el supuesto de que los atributos y rasgos de costo, tiempo y accesibilidad sean similares. Pero desde la óptica del transporte informal existe una marcada preferencia en la actualidad por la elección de este modo, como instrumento de conexión o alimentador del SIT, aumentando la cobertura y disminuyendo los tiempos de transporte de algunas zonas.

Palabras clave: Transporte público, Política pública, elección discreta, externalidades, matriz de Vester,

Abstract

This research is based on the latest transport studies that were conducted in the Metropolitan Area of Aburrá Valley: Bus routes study, Modeling of Road Network at Aburrá Valley and Master Plan of Mobility. A microeconomic analysis of the massive and collective transport was carried out. The analysis was lead in the basin number three of Medellín Antioquia. The Logit Multinomial Discrete Choice Model and Vester matrix were used. The research wanted to determine if there is a preference for SIT based on the transport mode (Bus or collective), under the assumption that attributes and features like cost, time and accessibility were similar. There is a preference for informal transport as an element for SIT connection. Informal transport increases coverage and reduces transport times in some areas.

Keywords: public transport, public policy, discrete choice, externalities, Vester matrix,

Contenido

Agradecimientos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Contenido	vii
Lista de Tablas	x
Lista de Figuras	xii
Introducción	10
Planteamiento del problema	14
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
1. Marco Teórico	19
1.1. Antecedentes	20
1.2. Territorio	22
1.3. Política pública	23
1.4. Servicio público	23
1.5. Movilidad	24
1.5.1. Conceptualización del transporte público urbano masivo (TPUM)	29
1.5.2. Conceptualización del transporte público urbano colectivo (TPUC)	31
1.5.3. Marco normativo general del transporte público urbano en Colombia con énfasis en los sistemas masivos	35
1.5.4. Algunos estudios y metodologías aplicadas al problema del transporte en Medellín	36
1.6. Comuna 16 Belén, Medellín	39
1.6.1. División barrial de Belén	42
1.6.2. La cuenca tres	45
1.7. Elementos básicos en la economía de transporte	48
1.7.1. Tecnología de producción: la infraestructura y los servicios	48

1.7.2.	Un insumo fundamental: el tiempo de los usuarios	49
1.7.3.	Característica de los servicios de Transporte: no almacenabilidad e indivisibilidad.....	50
1.7.4.	Efectos de red.....	50
1.7.5.	Externalidades negativas.....	51
1.8.	La función de demanda de transporte	52
1.8.1.	Factores que determinan la demanda de transporte	53
1.9.	Modelos de elección discreta	55
1.10.	Modelos econométricos de elección discreta.....	57
1.10.1.	Preferencias reveladas (PR).....	57
1.10.2.	Preferencias declaradas (PD).....	58
1.10.3.	Comportamiento del consumidor	58
1.10.4.	Elección individual y demanda individual.....	59
1.11.	Especificación de los modelos de elección discreta Logit.....	60
1.11.1.	Estimación de los parámetros en los modelos Logit	64
1.11.2.	Modelo de regresión multinomial	65
1.11.3.	Contrastes de restricción de parámetros a partir del Test de Wald ..	67
1.11.4.	Medidas de Bondad de ajuste del modelo	68
1.11.5.	Índice de cocientes de verosimilitudes (R-cuadrado de McFadden). 68	
1.11.6.	R-cuadrado de Cox & Snell	70
1.11.7.	R-cuadrado de Nagelkerke	70
1.12.	Matriz de Vester.....	71
2.	Metodología a utilizar	76
2.1.	Tamaño óptimo de la muestra	76
2.2.	Muestreo aleatorio estratificado con asignación proporcional.....	80
3.	Análisis de los resultados.....	85
3.1.	Análisis descriptivo.....	85
3.1.1.	Características socioeconómicas	85
3.2.	Resultados del modelo.....	93
3.2.1.	Resultado de elección del modo de transporte Bus o colectivo.....	94
3.2.2.	Resultado de elección del modo de transporte para el Sistema Integrado de Transporte (SIT).....	96

3.2.3.	Resultado de elección del modo de transporte informal.....	99
3.2.4.	Resultado de elección del modo de transporte para el modo auto	101
3.2.5.	Resultado de elección del modo de transporte moto	103
3.2.6.	Resultado de elección del modo de transporte taxi.....	105
3.3.	Medidas de bondad de ajuste del modelo	107
4.	Análisis de los problemas causa – efecto bajo la lógica de la matriz de Vester 109	
5.	Conclusiones y Recomendaciones	119
5.1.	Conclusiones	119
5.2.	Recomendaciones	123
	ANEXO A: Tabla de la distribución normal de la campana de Gauss.....	125
	Anexo B: Formato de la encuesta	127
	BIBLIOGRAFÍA.....	132

Lista de Tablas

Tabla 1. Modos de transporte urbano motorizados	27
Tabla 2 Factores característicos del transporte público colectivo urbano.....	33
Tabla 3. Características de los cuadrantes de la matriz de Vester	75
Tabla 4. Número de habitantes por barrio de la cuenca tres.	76
Tabla 5. Población de los barrios objetos de estudio de la cuenta tres de Medellín.	81
Tabla 6. Número de encuestas a realizar por barrio.....	83
Tabla 7. Análisis de frecuencia de las variables socioeconómicas.....	86
Tabla 8. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor modo de transporte más utilizado para ir al trabajo o al estudio	87
Tabla 9. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor cambio de tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del Sistema Integrado Metro	87
Tabla 10. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor número de transbordo con la implementación del Sistema Integrado Metro	88
Tabla 11. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor costo del viaje con la implementación del Sistema Integrado Metro.....	88
Tabla 12. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor costo del viaje con la implementación del Sistema Integrado Metro.....	89
Tabla 13. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables ocupación y modo de transporte más utilizado.	89
Tabla 14. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables ocupación y el tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del SIT.....	90
Tabla 15. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables ocupación y el número de transbordo, con la implementación del SIT.....	91
Tabla 16. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables nivel de ingresos y el modo de transporte más utilizado.	91
Tabla 17. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables género y el modo de transporte más utilizado.	92
Tabla 18. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables edad o grupo etario y el modo de transporte más utilizado.....	92
Tabla 19. Determinantes de la elección para el modo de transporte Bus o colectivo	94
Tabla 20 Determinantes de la elección para el modo de transporte del SIT.....	96
Tabla 21. Determinantes de la elección para el modo de transporte Informal.	99

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

Tabla 22. Determinantes de la elección para el modo de transporte Auto.....	101
Tabla 23 Determinantes de la elección para el modo de transporte Moto.	103
Tabla 24. Determinantes de la elección para el modo de transporte Taxi.	105
Tabla 25. Ponderaciones de causa y efecto de los diferentes problemas analizados	112

Lista de Figuras

Figura 1. Problemática del Transporte Público Colectivo Descentralizado.....	15
Figura 2. Mapa de las Comunas de Medellín, Colombia.	40
Figura 3. Perfil Sociodemográfico 2015, Comuna 16 Belén (Pirámide de población)	41
Figura 4. Belén, división barrial.	43
Figura 5. Perfil sociodemográfico 2005 – 2015 comuna 16 Belén.....	44
Figura 6. Población anual, según sexo por barrio de 2005 a 2015.....	45
Figura 7. Mapa de rutas de transporte de la cuenca 3 de Medellín	46
Figura 8. Rutas de transporte de la cuenca 3	47
Figura 9. Número de Cuadrantes.....	74
Figura 10. Problemas y sus causas según la matriz de Vester.	113
Figura 11. Árbol de problemas.....	116
Figura 12. Árbol de objetivos	117

Introducción

A través de la historia de la humanidad y del desarrollo económico, político y cultural de la sociedad, los medios de transporte han tenido un papel estratégico e importante en la consolidación estructural de la comunicación y crecimiento de las urbes. Por ende el incremento poblacional y la reducción de metros cuadrados por habitantes han generado en las ciudades de todo el mundo un problema creciente de transporte urbano. Para el caso particular de la ciudad de Medellín no es la excepción, en la actualidad, el número de vehículos por cada 100.000 habitantes pasó de 45.973 en 2014 a 48.889 en 2015 y los kilómetros de vía construidas pasaron de ser 15,4 en 2014 a 1,3 en 2015. Si el crecimiento en el número de vehículos por cada 100.000 habitantes es superior a lo de los kilómetros construidos de vías en el mismo periodo es muy probable entrar en la saturación (Espacio Público de Medellín., 2015).

Por lo tanto, el desarrollo de este trabajo pretende explicar y entender el problema del transporte masivo y colectivo generado en la cuenca número tres¹, en la comuna 16 (Belén) de la ciudad de Medellín Antioquia, desde la perspectiva del agente consumidor o análisis de la demanda bajo la medición de técnicas microeconómicas que determinen el grado de satisfacción o nivel de utilidad y la posible elección de un modo de transporte.

Tomando como referente algunos estudios rigurosamente académicos, realizado en Medellín. Como lo es “SISTEMA ADAPTATIVO DE CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁFICO DE UN CORREDOR VIAL SEMAFORIZADO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE MEDELLÍN” (Sarmiento & Jiménez, 2011) en el

¹ El sistema de transporte en el Valle de Aburra, está compuesto por dos cuencas la número 6 y la cuenca 3.

que se especifican sobre las estrategias de control de tráfico en redes semaforizadas, buscando maximizar la seguridad vial y minimizar el costo para sus usuarios, medido éste en términos de tiempos de recorrido, demoras y número de paradas. Cuando el tipo de control implementado es independiente de las condiciones del tráfico en cada momento, se habla de estrategia de tiempo fijo (control en lazo abierto), esta estrategia se originó en una etapa en que la computación y el desarrollo de las comunicaciones y la tecnología de detección no eran aún suficientes para proveer soluciones más ajustadas a situaciones complejas de variación de demanda y de interacción de redes semafóricas. Ello no significa que dicha modalidad esté necesariamente obsoleta (Sarmiento & Jiménez, 2011)

Por otro lado, en término de la movilidad urbana en Medellín el estudio “Urban Mobility and poverty” (Dávila, 2013) toma como eje central la movilidad urbana y la pobreza. La movilidad se refiere tanto al acto de moverse de un lugar a otro utilizando algún medio de transporte, en cuanto a lo social y cultural el significado de este movimiento. La pobreza urbana, un fenómeno creciente en muchos países de todo el mundo, por lo tanto, en esta investigación, no se observa como objetos aislados, sino más bien en su relación con la movilidad.

La capacidad de un habitante de la ciudad de moverse en un diario o de forma ocasional depende de factores tales como la facilidad de acceso físico a un medio de transporte, la frecuencia del modo y el coste económico de viajar, representada, por ejemplo, en las tarifas del transporte público o en el costo de oportunidad por el tiempo de viaje utilizando los diferentes modos. En efecto, en ausencia de dinero para cubrir una tarifa, como es el caso de los hogares más pobres, la capacidad de un individuo para el movimiento probablemente será el resultado de un caso estratégico, dando prioridad a uno o dos miembros de la familia para viajar. En un contexto urbano en el que el acceso a las oportunidades de generación de ingresos, la educación y ocio tiende a estar mediada por la

capacidad para moverse, tal decisión podría privar a otros miembros de la familia de estos elementos esenciales para el desarrollo personal y social (Dávila, 2013).

Para el caso particular de Medellín, es la primera ciudad en el mundo en usar tecnología de punta en los medios de transporte masivo, exclusivamente dirigido a la población de bajos ingresos con las diferentes líneas de Metro Cable (J, K y L), que conecta a los municipios de noroeste y a diferentes barrios marcados en los últimos años por el estigma de la pobreza y la violencia. (Ibídem)

El punto de partida es el análisis de la situación en el transporte público masivo y colectivo en Medellín, con el objeto de mostrar la insostenibilidad bajo criterios económicos y sociales de los actuales caminos de desarrollo en el área de transporte urbano en Medellín.

La investigación busca:

- a) A nivel teórico contribuir a la precisión y concreción de lo que puede significar el concepto de “Demanda de transporte Masivo en la cuenca tres” a escala local o regional.
- b) Aportar a la definición de criterios económicos, sociales y culturales soportados por indicadores de sostenibilidad en la zona objeto de estudio.
- c) Identificar las características del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres, teniendo en cuenta la relación entre las variables: localización, crecimiento demográfico, expansión urbana, desarrollo socio-económico y niveles ingresos. Que tienen incidencia directa en las normas integrales y la voluntad política de la movilidad urbana en Medellín.
- d) Formar un análisis crítico que permita estimar aproximadamente los costos económicos de la contaminación ambiental del transporte masivo, bajo la estructura de externalidades.

- e) Prescribir claramente las características de la demanda de transporte masivo y colectivo en la cuenca tres y de esta forma poder entender los factores que determinan dicha demanda, a través de una medición variables explicativas que permitan modelar las decisiones individuales de los agentes, para la elección de un modo de transporte.
- f) Describir y pronosticar la elección modal de los usuarios, sobre los diferentes modo de transporte dados en la cuenca tres, bajo la lógica del modelo de elección discreta Logit Multinomial y poder determinar la situación microeconómica de equilibrio o desequilibrio mercado de transporte masivo y colectivo
- g) En el proceso de identificación de la demanda de transporte y los diferentes problemas que presenta el medio, es necesario, enlistar las posibles alternativas de solución, a través de criterios y exigencias que se establecen en la política normativa con el fin de cumplir con un buen sistema de transporte público masivo y colectivo en la cuenca tres.

Teniendo en cuenta los ítems tratados anteriormente, es importante definir, que la información a utilizar por este trabajo será de tipo primario y secundario, por lo tanto es menester traer a memoria los procesos y estructura de la recolección de información como: encuestas, entrevistas, fichas de campo, observación y análisis de datos e invocar las diferentes técnicas brindadas por la estadística, entre las que se encuentran el tamaño óptimo de la muestra, tipos de muestreos probabilísticos y no probabilístico, análisis de datos, paneles y lógica del modelo de elección discreta Logit Multinomial. Con el fin de diagnosticar las condiciones actuales del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres y por ende estudiar exhaustivamente las diferentes alternativas y soluciones óptimas del sistema.

Planteamiento del problema

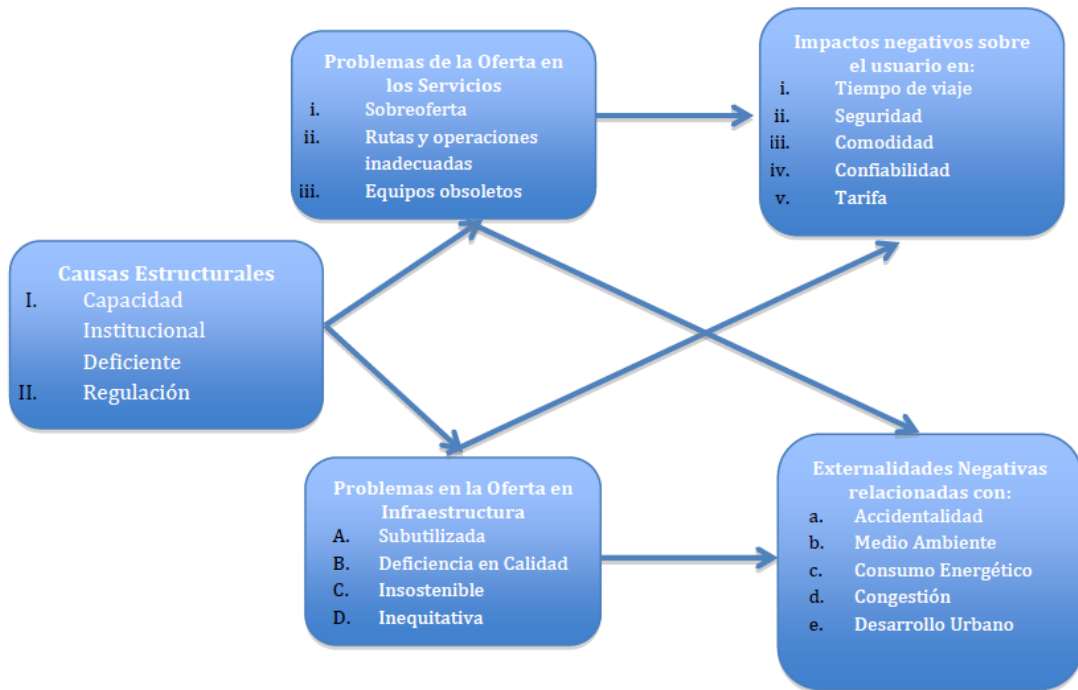
Las ciudades contemporáneas cuentan con problemas de movilidad cuyas características principales son, una alta ocupación del sistema vial y del espacio público por parte del transporte motorizado y no motorizado, que provoca congestión, aumento de los tiempos de viaje, aumento de la contaminación atmosférica, afectación a la salud pública, reducción del espacio público, entre otros que generan una pérdida por el disfrute del derecho a la ciudad. Estos problemas se han tratado desde la planificación tradicional bajo el argumento de más infraestructura, lo cual requiere grandes inversiones para construir nuevas vías, que a su vez genera externalidades negativas para el medio ambiente, la salud y otras, demandando así más recursos para su atención (Ballesteros, 2014).

En el caso de Colombia, los problemas de la congestión urbana comenzaron a evidenciarse en 1951 tras la clausura del Tranvía en Bogotá. El crecimiento poblacional de la ciudad y la ausencia de políticas de regulación efectivas del transporte urbano fueron alimentando la congestión vehicular y evidenciaron la necesidad de proveer servicios más eficientes para la movilización de un gran número de personas. La situación de Bogotá se ha replicado en otras ciudades en la medida en la que éstas han crecido (Fedesarrollo, 2014).

La problemática del transporte público en las ciudades colombianas y un caso específico en la ciudad de Medellín en la cuenca tres, es consecuencia de la combinación de una oferta descentralizada –en contraste con una planeada y gestionada por un agente único o central- que presta un servicio de baja calidad y una oferta de infraestructura inadecuada en un contexto de bajas capacidades para la regulación y el ejercicio de la autoridad de transporte (CONPES, 2010). El servicio, prestado por varios actores, que actúan de forma no coordinada, se ha

caracterizado por el uso de buses obsoletos, diseño de rutas y operación inadecuadas, y sobreoferta de frecuencias. La infraestructura y la capacidad institucional de las entidades locales para regular el funcionamiento no han respondido a las necesidades del transporte público (Ilustración 1). Otras características del sector, como los mecanismos de remuneración a los conductores y la regulación sobre los buses, incitan prácticas de competencia por pasajeros, el afán de los conductores, el uso de vehículos cuya vida útil ha caducado y sobreoferta de frecuencias (Fedesarrollo, 2014).

Figura 1. Problemática del Transporte Público Colectivo Descentralizado



Fuente: Consejo Nacional de Política Económica y Social 3260 de 2010. Ministerio de Transporte. DNP: DIES-GEINF.

Desde la movilidad, teniendo en cuenta la **línea base del Plan de Ordenamiento Territorial (POT)**, las **disposiciones y diagnósticos para Medellín**, se determina que las estaciones del metro, que generan una intensa afluencia pública

y concentración de actividades, no tienen aún una adecuada articulación a los sistemas de espacios públicos y centralidades del valle de Aburrá. (Alcaldía de Medellín, s. f.) Actualmente se presenta un aumento notable en la ocupación indebida del espacio público por parte del parque automotor, incrementando los conflictos derivados de la insuficiencia de espacios para el peatón, saturación vehicular de la red vial metropolitana, la deficiente accesibilidad a los corregimientos de Altavista y San Antonio de Prado, deficiencia en la prestación de un servicio de transporte público urbano cómodo, oportuno, seguro y de total cobertura, la poca integración de los diferentes modos de transporte público al metro, el transporte informal, terminales y depósito de buses sobre vías y en áreas residenciales, el centro de la ciudad utilizada como terminal de transporte, la saturación de la red vial principal de la ciudad, la concentración y el número de los viajes generados en el Valle, hacia el centro de la ciudad y un alto índice de accidentalidad vial y adicional a ello el país ha tenido poca experiencia en la solución de estas problemáticas (Ibídem) .

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario entrar a estudiar de manera exhaustiva las condiciones y escenarios que permitan generar a través de un sistema de transporte público masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín medidas eficientes y equitativas que propendan por la reducción de las externalidades negativas del transporte público –congestión, accidentalidad y contaminación-, y encontrar el mejor balance entre el bienestar de los usuarios – tiempo y calidad del viaje- y los costos de operación del sistema

Objetivos

Objetivo General

El objetivo del presente trabajo se limita a una tarea parcial del problema global del sistema transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de la comuna 16 de Medellín Antioquia, en particular: explicar los factores determinantes de la elección de la demanda de transporte masivo y colectivo del sistema actual, bajo la predicción y la lógica del modelo de **elección discreta Logit Multinomial**, llevando a cabo un análisis micro econométrico que permita determinar la sustitución o complementariedad del transporte masivo y colectivo.

Objetivos Específicos

- Identificar las características del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres, teniendo en cuenta la relación entre las variables: Ocupación, nivel de escolaridad, género, grupo etario, crecimiento demográfico, expansión urbana, desarrollo socio-económico y niveles ingresos.
- Establecer las relaciones que existen entre los comportamientos estratégicos de los actores y su incidencia en el momento de escoger el transporte masivo y colectivo.
- Desarrollar un modelo de **elección discreta Logit Multinomial** de los modos de transporte existentes en la cuenca tres, de la comuna 16 de la ciudad de Medellín, mediante la integración de variables y ecuaciones que representen diferentes escenarios para la elección de éstos modos dados unos atributos.

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

- Validar el modelo propuesto a partir del uso de criterios estadísticos y la consulta con expertos del sector de la ciudad de Medellín.
- Realizar el análisis de problemas y alternativas bajo la metodología de la matriz de Vester.

Hipótesis

La predicción de la elección del modo de transporte masivo y colectivo puede ser medido a través de la lógica del modelo de **elección discreta Logit Multinomial**

1.Marco Teórico

El transporte y la movilidad entre otros factores han permitido históricamente el desarrollo y fortalecimiento de generaciones y sociedades alrededor del mundo, debido a que por medio de estas se puede generar la circulación de bienes y de personas, permitiendo una integración social, económica y geográfica.

Con el transcurrir de los siglos y el crecimiento significativo de las ciudades, se hace más latente la necesidad de mejorar el transporte urbano y contribuir a la solución de problemas de congestión, accidentabilidad, dificultad al acceso e inequidad. A raíz de lo anterior toma prelación el desarrollo de proyectos de transporte público que busquen una condición óptima para cada uno de los agentes involucrados.

Teniendo en cuenta y según: (Observatorio Ciudadano., 2014) es necesario afrontar el análisis de los medios de transporte urbano, de las políticas sectoriales y de las transformaciones territoriales introduciendo la relación multidimensional del tiempo, subrayando la importancia de la larga duración que tienen la asimilación de los cambios; sin olvidar el desfase entre un pasado y un presente. Puesto que lo que se quiere analizar es la transformación del espacio urbano y de los cambios en las pautas de movilidad condicionadas por las redes de transporte, las cuales han tardado años en crearse y desarrollarse. En este sentido, y desde una mirada local, la sociedad y en esencia el Estado colombiano tienen la necesidad de implementar políticas públicas de transporte que garanticen la calidad, accesibilidad, la seguridad y la equidad de los ciudadanos.

Con el objeto de mostrar la relación microeconómica entre Estado, movilidad y transporte, es necesario tener en cuenta los conceptos vinculados a una política integral de transporte tales como: territorio, política pública, servicios públicos,

transporte público masivo y colectivo (a nivel mundial, Latinoamérica, Colombia, Antioquia y Medellín), función de demanda de transporte, función de oferta, eficiencia, consumo entre otros)

1.1. Antecedentes

Dentro del crecimiento y expansión urbana, los sistemas de transporte son considerados como un “factor crítico para los futuros avances económicos, sociales y medioambientales²” y un “obstáculo para la sostenibilidad urbana, la contaminación ambiental en sus diferentes formas y la ocupación extensiva del suelo³” sin embargo, el sistema de transporte es factor clave e imprescindible para el desarrollo económico de cualquier país o región.

Al igual que en Latinoamérica, las áreas metropolitanas en Colombia y en el mundo entero, viene presentando una problemática similar con el transporte urbano de pasajeros, factores como el acelerado crecimiento de las ciudades, el aumento de la población, el incremento de transporte de las personas y el aumento del parque vehicular privado son algunas de las situaciones que sienten en la actualidad en el sistema de transporte.

En Colombia, el transporte público urbano está definido como un servicio público planificado, regulado y controlado por el Estado⁴. Su prestación permanece principalmente en manos de operadores privados dentro de una economía de mercado, donde el costo de la infraestructura necesaria para su operación está subsidiado por el estado a través de las políticas municipales⁵. Aunque todos estos aportes económicos y personales traten de apaciguar el problema de

² Tres paradas para la movilidad sostenible. Unión Internacional de transporte Público.

³ El transporte y la ciudad, en el contexto de la sostenibilidad urbana.

⁴ El Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes) 3267 de 2014 detalla los estudios e información requerida para el desarrollo de un SITM.

⁵ Departamento Nacional de Planeación DPN, 2014.

transporte público masivo. Las respuestas gubernamentales para solventar los desafíos que genera el transporte urbano, particularmente en Colombia, aluden con la movilidad alternativa, la recuperación del espacio público, el desestimulo al uso del vehículo particular y la adaptación de un tipo particular de transporte masivo, el Bus Rapid- Transito (BRT) y la sustitución de transporte masivo, que para este último caso en la ciudad de Medellín genera un impacto negativo y significativo en el sector de transportadores de la cuenca tres.

Un panorama negativo es el que se avizora, en el sistema de transporte colectivo en la cuenca tres debido a los ineficientes mecanismos utilizados en la negociación entre el sector público y el cuerpo de propietarios de los diferentes medios (colectivo), que buscan mejorar el servicio haciendo un desplazamiento forzado de la oferta de colectivos y por ende una disminución oferta laboral que se relaciona directamente con la puesta en operación de este sistema.

En Colombia, las principales fuerzas que hacen posible la sinergia entre el sector de transporte masivo y colectivo son:

Desde la perspectiva y problemas en la oferta de los servicios.

En el escenario de los oferentes y desde el punto de vista del servicio, se encuentran diferentes problemas que generan de manera directa externalidades negativas en la zona de influencia (cuenca tres) tales como: Sobreoferta, rutas y operaciones inadecuadas, equipos, capacidad institucional deficiente obsoletos y regulación inadecuada entre otros.

Adicionalmente, desde el concepto de la infraestructura y el capital físico se plantean delineamientos como: las infraestructuras subutilizadas, deficiencia en la calidad e inequitativa, que sin dudarlos generan impactos negativos en la prestación del servicio.

Por otro lado, focalizando el análisis y la medición de los impactos generados por las políticas y normas de gobernabilidad en el sector transporte en la cuenca tres, a través de la estimación de las externalidades negativas tales como: Accidentalidad, medio ambiente, congestión, consumo energético y desarrollo urbano

Por último, la existencia de la afectación negativa sobre los usuarios por el deficiente servicio de transporte masivo y colectivo en la cuenca tres tales como: tiempo de viaje, seguridad, comodidad, confiabilidad y tarifa.

1.2. Territorio

Desde el foco de estudio de esta investigación, no serán abordados exhaustivamente los conceptos de espacio y territorio, sin embargo, es importante entenderlos para poder comprender las dimensiones y el desarrollo de las diferentes políticas y estrategias que explican la relación existente entre el crecimiento de la población, el uso eficiente del suelo y el transporte urbano. Soportado desde el concepto de territorialidad fragmentada y parafraseando a (Assies, Haar, & Hoekema, 1999) quienes expresan que la experiencia individual y colectiva de los migrantes es un espacio de significación más amplio, el espacio social de la comunidad local o regional; permitiendo así, escenarios susceptibles de ser fragmentados y recompuesto según los fines direccional.

En tal sentido, **el territorio desde una mirada del transporte**, y bajo la necesidad de construir ambientes de desarrollo humano, que den cuenta a los problemas de desarrollo urbano, es menester, la búsqueda constante de rutas progresivas de transición hacia una mejora de la vida en la ciudad. Donde la el transporte urbano tiene un papel importante en la construcción de sostenibilidad urbana (Pedro Manjarrez, Romero, & Bravo, 2011) .

1.3. Política pública

Introducir el concepto de la política pública, requiere de tener presente los conceptos de la institución y del desarrollo económico bajo la mirada del crecimiento poblacional y estrechamente ligado con la definición de movilidad, para la cual, se tendrán presentes los diferentes lineamientos por parte del estado para solucionar los problemas o necesidades de la sociedad.

En esta lógica, es imprescindible entender la definición de instituciones de competitividad, a la cual se supeditan los países desarrollados en la búsqueda de la optimización de los recursos escasos y en armonización con el uso eficaz de las políticas. Dentro del contexto de este proyecto, las instituciones de competitividad (Porter, Emmons, & Brenes, 2001) Las definen como aquellas que abarcan los organismos formales e informales, que afectan la productividad y la competitividad en el nivel nacional, local, de industrias/aglomerados o de empresas. Que en algunos momentos pueden funcionar con efectividad.

En relación con lo anterior, se plantea la necesidad para el caso de Medellín y en particular la cuenca número tres, en materia de transporte, realizar una evaluación del proceso de implementación y desarrollo de las políticas de la última década, con el fin de evidenciar si esta situación ha sido recurrente en los sistemas de transporte masivo y colectivo de la cuenca (Carrillo, 2012)

1.4. Servicio público

Para el cuerpo de la investigación es pertinente establecer el contexto en el cuál se desarrolla el concepto de Servicios públicos, por lo tanto, se toma como referencia el tratamiento y relación que tiene la constitución política de 1991⁶.

⁶La constitución Política establece por finalidad social última del Estado, brindar las condiciones

Dentro del contexto y el análisis únicamente enmarcado desde lo político – institucional, que se ha fundamentado bajo diferentes leyes regidas por instituciones nacionales⁷. En coherencia con lo anterior no se encauza el esfuerzo a construir y modificar la estructura en la que soporta los servicios públicos en el marco normativo del país.

La constitución Política de Colombia, en los artículos 78 y 365 especifican que: “los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional”(«Art. 78 y 365 de la Constitución Política de Colombia», 1991) E intervenir de manera efectiva en el caso donde existan fallas significativas que involucren los actores afectados, tales como: Estado, comunidades organizadas, particulares y comunidad, con el fin de propender por una prestación de servicios públicos con calidad, accesibilidad, cobertura y seguridad dentro del sistema orgánico del estado y donde el consumidor final reciba bajo el marco de los principios constitucionales de mejoramiento de calidad de vida y el aumento del bienestar general (C.P.C⁸ «Art. 78, 365, 366 y 367 de la Constitución Política de Colombia», 1991.)

1.5. Movilidad

Para ahondar los conceptos de Transporte público urbano Masivo y Colectivo, es importante comprender el concepto de movilidad, entiendo que éste permite relacionar íntegramente los problemas asociados con el transporte y que sin duda genera crisis en el sistema originando altas tasas de movilidad cotidiana, altas tasas de inversión en sistemas de transporte colectivo, elevados costos de

necesarias para garantizar el bienestar general y mejorar la calidad de vida de sus habitantes con la prestación idónea de los servicios públicos.

⁷ Constitución Política de Colombia de 1991, Leyes, Decretos y Resoluciones de ámbito nacional, así como sentencias y pronunciamientos de la Corte Constitucional, la Procuraduría General de la República y los diferentes Ministerios Nacionales.

⁸ Código de Procedimiento Civil.

funcionamientos y energéticos, incapacidad del estado para implementar programas necesarios en infraestructura, importantes costos socio-ambientales, tales como la congestión vial, contaminación atmosférica, ruido, fatiga, inseguridad y grandes fugas de recursos estatales por elevado déficit de explotación de empresas de transporte (Pedro Manjarrez et al., 2011; p:20); que sin duda generan crisis en la ciudad.

En tal sentido, la movilidad alude a la capacidad que tienen los individuos de una sociedad para desplazarse en un territorio, mediante diferentes medios de transporte, en donde el consumo de la movilidad cotidiana habitualmente está determinado a través de elementos fijos de desplazamiento como: límites de la oferta del transporte urbano con una serie de constricciones de carácter colectivo, individual, horarios, tarifas, frecuencias, recorridos, tiempos y accesibilidad (Pedro Manjarrez et al., 2011) que hacen del sistema de transporte un escenario digno de intervención.

Desde el contexto de la movilidad se identifican varios factores que están relacionados entre sí, y que son inherentes a los desplazamientos de los individuos. A continuación se relacionan los principales factores:

- Accesibilidad: es determinada por la oferta de medios de transporte y la condición de los usuarios por poder utilizarlos, teniendo en cuenta la denominada renta de situación⁹ y que es entendida como un factor en la percepción y el comportamiento espacial de las personas, en línea con los enfoques conductistas en geografía del transporte en la que se fundamenta la evaluación subjetiva de las distancias por parte de los individuos (Santamaría, 2000).
- Factores socio – económicos y culturales: son las cualidades, atributos o características que poseen los usuarios (Arévalo, 1968). En este ámbito se

⁹Se entiende por renta de situación el beneficio obtenido “en relación con el precio del suelo en espacio concreto, derivado de su localización y accesibilidad relativa” (Diccionario de Geografía Anaya)

estudian aspectos como: trabajo, estudio, ingreso (capacidad adquisitiva), grupo etario (género, edad) y la estratificación.





- Habilidades individuales: entendido como las principales capacidades mentales, físicas y cognitivas de cada persona, que hacen posible los desplazamientos y la toma de decisión del medio de transporte.(Kaufmann, 2002).
- Apropiación cognitiva: analiza las diferentes posturas del usuario o individuo sobre las opciones de desplazamiento bajo el uso de la información asimétrica (Ibídem)


Para la mirada de esta investigación el norte está orientado a los medios de transporte urbano motorizado, los cuales funcionan por medio de motores de combustión o energía eléctrica y tienen la característica principal de ser según se define en el CONPES (Contraloría, 2014):

- Transporte privado, el destinado al uso privado de la persona o empresa propietaria del vehículo (automóviles particulares), y
- Transporte público, el que se dedica a la actividad comercial y que por el servicio que presta recibe un pago; este transporte puede ser de pasajeros y/o carga, se divide en colectivo (bus, microbús, etc.), el masivo (metros y tranvías, etc.).

A continuación se expresará de manera gráfica los modos más comunes de transporte urbano motorizado.

Tabla 1. Modos de transporte urbano motorizados

<p>Transporte Público Masivo</p>	<p>Metros - tranvías y buses con carril exclusivo</p>	
<p>Transporte público colectivo</p>	<p>Bus y microbús</p>	
<p>Transporte público individual</p>	<p>Taxis</p>	
<p>Transporte especial</p>	<p>Para discapacitados</p>	

Transporte privado	Vehículos particular	
-------------------------------	-------------------------	--

Fuente: elaboración propia con base en la bibliografía referenciada. Las imágenes son recuperadas 12 Septiembre 2015 de: www.google.com, URL: <https://www.google.com.co/search?q=imagenes+de+bus+en+la+comuna+16+medellin>.

Desde la estructura del transporte urbano motorizado, el transporte público se constituye en diferentes ciudades alrededor del mundo, como el principal sistema de transporte y que genera múltiples ventajas y beneficios comparados con otros modos de transporte motorizados, entre estas ventajas sobresalen:

- Disminución de la accidentalidad vial en corredores con preponderancia del transporte público (Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES, 2003)
- Reducción de tiempos de viaje y de costos de operación (Ibídem).
- Bajos costos al usuario (tarifas bajas), permitiendo acceder al sistema a las personas más pobres (Ibídem).
- Menores niveles de contaminación e impacto ambiental (Ibídem).
- Disminución de los niveles de congestión vehicular (Ibídem).

- Altos índices de accesibilidad, permite el desplazamiento de personas con niveles de ingreso bajos (Shuler, 2011)
- Fomenta y permite el desarrollo de actividades económicas (Ibídem).

Los anteriores enunciados sobre las ventajas del transporte público, sobre otros modos de transporte motorizado, son los objetos principales que incentiva la necesidad de analizar de manera estructural y crítica la situación de la cuenca número tres de Medellín, con relación a la consecución de un conocimiento claro sobre las estrategias y componentes del transporte público masivo y colectivo en la comuna 16 de Medellín. Antes de abordar el comparativo, es importante especificar la situación conceptual y normativa actual del sistema de transporte público urbano en el país, la cual establece una clara diferencia entre los subsistemas colectivo y masivo, generando un marco legal y político específico para cada uno de los casos.

1.5.1. Conceptualización del transporte público urbano masivo (TPUM)

Dentro de este escenario, es importante comprender los lineamientos y principales característica que expresan el transporte público urbano masivo (TPUM) en Colombia, en este sentido y en la búsqueda de alcanzar los objetivos de la investigación, es necesario traer a memoria algunos decretos que están consignados en el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) de la República de Colombia que permitirán tener una mirada holística e integral de la normatividad. Bajo esta lógica se diserta sobre el decreto 3109 de 1997 quien profesa el concepto de transporte masivo de pasajeros como: la combinación organizada de infraestructura y equipos, en un sistema que cubre un alto volumen de pasajeros y da respuesta a un porcentaje significativo de las necesidades de

movilización urbana (Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES, 2003) En el marco de esta definición, las principales metas que deben alcanzar los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) que se ejecuten en el futuro con apoyo de la Nación son (Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES, 2003)

- Eliminar la “guerra del centavo” generando un cambio en el sistema de remuneración a través de la transformación de la estructura empresarial del transporte urbano, pasando de empresas afiliadoras de vehículos a empresas propietarias de vehículos. (Ibídem).
- Integrar física, tarifaria y operacionalmente la mayor parte de las rutas de la ciudad, teniendo en cuenta los criterios técnicos y financieros, y acorde con el programa de implantación del SITM adoptado. La integración puede incluir modos de transporte diferentes a los buses. (Ibídem).
- Reordenar y coordinar las rutas de transporte público colectivo existentes con los servicios y rutas del nuevo SITM.
- Construir y/o adecuar la infraestructura requerida en los principales corredores del SITM.
- Desarrollar la operación basada principalmente en buses vehículos nuevos de alta capacidad, acordes con los niveles de demanda, y con tecnología de baja contaminación. (Ibídem).
- Aumentar la velocidad promedio en los corredores troncales a niveles cercanos a 25 km/h, disminuyendo los tiempos de viaje de los usuarios.
- Coordinar la implantación de los SITM con acciones sobre el transporte público colectivo que sigue operando y el tráfico en general de modo que se mantengan las condiciones de movilidad y accesibilidad adecuadas. (Ibídem).
- Eliminar la sobreoferta (chatarización).
- Aplicar esquemas de mercadeo de tiquetes y recaudo, ágiles y económicos.

- Impulsar un desarrollo urbano integral, mejorando el espacio público.
- Fortalecer y mejorar la coordinación entre las entidades locales (Autoridades de Transporte Masivo, Secretarías de Tránsito y Transporte y Áreas Metropolitanas, entre otras), para asegurar una mejor y más eficiente gestión. (Ibídem).
- Controlar la prestación del servicio a través de las Empresas Gestoras, para asegurar la sostenibilidad del sistema, calidad del servicio al usuario y estándares de eficiencia mínimos.

Todas las anteriores metas definidas, serán objeto de estudio y seguimiento a la luz de la realidad y en sentido comparativo con el sistema de transporte público colectivo en capítulos posteriores.

1.5.2. Conceptualización del transporte público urbano colectivo (TPUC)

Haciendo uso del marco de referencia estipulado por el decreto número 170 de 2001 (Ministerio de Transporte de Colombia, 2001), se estipula: “el transporte público colectivo de pasajeros es aquel que se presta bajo la responsabilidad de una empresa de transporte legalmente constituida y debidamente habilitada en esta modalidad, a través de un contrato celebrado entre la empresa y cada una de las personas que han de utilizar el vehículo de servicio público que está vinculado, para recorrer total o parcialmente una o más rutas legalmente autorizadas” (Decreto 170 de 2001, Ministerio de Transporte, 2001)

Los vehículos para este estudio se consideran de baja y mediana¹⁰ capacidad que circulan por vías con tráfico mixto¹¹ las cuales poseen diferentes características físicas, como ancho de la sección transversal, la tecnología usada (semaforización, cámaras de video, señalización e información digital), los niveles de servicio ofrecidos, entre otros. Así mismo, el esquema de operación es variable y se ajusta a las necesidades y requerimientos de la comunidad, en este sentido, la operación puede darse conjunta (en paralelo) e integrada con otros modos de transporte (Rojas & Mello, 2005). Este sistema se caracteriza por movilizar simultáneamente grandes volúmenes de personas a través de corredores viales con demandas medias y altas de una ciudad (Carrillo, 2012).

A continuación se presenta una tabla, donde se relaciona alguno de los factores que caracterizan generalmente a los TPUC en las ciudades de países en desarrollo, estructurados en cuatro parámetros principales que son: características típicas, las principales fortalezas, debilidades del sistema y las ventajas comparativas con el transporte privado. Estos factores son citados (Carrillo, 2012) y extraídos de los documentos “*Revisión de la estrategia de transporte urbano*” del Banco Mundial, “*Los sistemas integrados de transporte masivo urbano en Colombia*” de la Contraloría de la República y “*Educação e mobilidade. Rumo a um novocaminho*” de Juciara Rodrigues, y, serán parte del análisis y caracterización del sistema actual en Colombia.

¹⁰ Se entiende por vehículos de mediana y baja capacidad, aquellos que pueden transportar hasta 100 personas (Banco Mundial, 2002).

¹¹ Vías en las cuales su superficie de rodamiento es compartida por varios medios de transporte. La operación en estas vías puede incluir tratos preferenciales en una sección de la calzada, en un tramo o a lo largo de toda la vía, ya sea para el transporte público o privado (Molinero Molinero & Sánchez Arellano, 1998).

Tabla 2 Factores característicos del transporte público colectivo urbano.

Factores característicos del transporte público colectivo urbano.	
Características típicas del TPCU en países en desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> • Controles estatales precarios, tanto en la construcción de infraestructura como en la operación del sistema. • Esquemas tarifarios inadecuados e ineficientes. • Esquemas y procesos de planeación débiles o inexistentes. • Marco normativo y legal precario. • Excesos de oferta. • Esquemas de rutas inadecuadas en su recorrido. • Flota vehicular deteriorada y obsoleta, con alta edad media del parque automotor. • Una constante de los sistemas de TPCU es la falta de integración física, operacional y tarifaria, lo que desemboca en un aumento del tiempo y dinero necesario para realizar los viajes, privando a personas de bajos ingresos el acceso a ciertos espacios de la ciudad, en otras palabras, segregación espacial • En gran número de ciudades el TPCU no cuenta con vías segregadas o paraderos fijos, lo que desemboca en un alto número de paradas de los vehículos, aumento de los tiempos de recorrido, etc.
	<ul style="list-style-type: none"> • El TPCU desempeña un papel fundamental en el desarrollo y funcionamiento de toda ciudad, ya que a través de él se puede condicionar o permitir su expansión y densificación.

Fortalezas del TPCU	<ul style="list-style-type: none"> • Promueve el mejoramiento de la calidad de vida de la población principalmente por factores como el aumento del tiempo libre de los usuarios. • Afecta no solo la formación y la estructura de los usos de suelo de la ciudad, sino su precio también. Un buen esquema institucional y tributario puede aprovechar ampliamente este factor. • Intervenciones de bajo costo y gran impacto en infraestructura, como paraderos y carriles preferenciales, mejoran las condiciones operacionales del sistema de TPCU
Debilidades del TPCU	<ul style="list-style-type: none"> • Un servicio ineficiente no solo impacta negativamente la economía y la sociedad, sino también ralentiza y dificulta el desarrollo urbano
Ventajas del TPCU respecto al transporte privado	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce la congestión en las vías. • Reduce los tiempos totales de viaje en la ciudad. • Disminuye el número de emisiones contaminantes, estas reducciones varían de acuerdo a la tecnología implementada

Fuente: “Revisión de la estrategia de transporte urbano” del Banco Mundial, “Los sistemas integrados de transporte masivo urbano en Colombia” de la Contraloría de la República y “Educação e mobilidade. Rumo a um novocaminho” de Juciara Rodrigues.

Para el caso colombiano, una diferencia transcendental entre los sistemas de TPUC y los TPUM, es el avance significativo que se ha tenido en la integración física, operacional y tarifaria, cabe resaltar que para el caso de Colombia este proceso ha comenzado a implementarse en las principales ciudades del país durante la última década.

1.5.3. Marco normativo general del transporte público urbano en Colombia con énfasis en los sistemas masivos

La legislación sobre los transportes existentes en Colombia está estructurada por un gran número de leyes, decretos, acuerdos, resoluciones y circulares, las cuales en varios momentos llegan a ser contradictorias y ambiguas (Guhl N., y otros, 1992).

En coherencia con lo anterior y ante las deficiencias que caracterizan la prestación del servicio público de transporte urbano en las principales ciudades del país, representadas en sobreoferta, rutas y operación inadecuadas, equipos obsoletos, deficiente calidad e insostenibilidad de la infraestructura vial. El Gobierno nacional formula una política pública de transporte urbano de pasajeros orientada a la implementación de sistemas de transporte que atienden las necesidades de movilidad de la población bajo criterios de eficiencia operativa, económica y ambiental.

Con el fin de apoyar iniciativas en proyectos de transporte público basados en la utilización de vías exclusivas y buses de alta capacidad y que dentro de este trabajo se confrontaran con la realidad soportado con datos primarios extraídos de los diferentes usuarios

Como estrategias para la consolidación de la política pública se proponen acciones bajo responsabilidad de las ciudades como la eliminación de la sobreoferta, y la vinculación de inversionistas privados en la prestación del servicio a través de procesos de competencia por el mercado. Específicamente, para las ciudades con más de 600 mil habitantes se recomienda que se estructuren

sistemas integrados de transporte (Contraloría General de la república., 2010) en los corredores principales, con carriles exclusivos para la operación de buses de alta capacidad, e integración en los aspectos físico, tarifario y operacional; propuesta que es acogida y materializada mediante esquemas de cofinanciación para los que se aplican límites a la participación de la Nación y sus entidades descentralizadas por servicios, estableciendo rangos mínimos del 40% y máximos del 70% del servicio de la deuda de cada proyecto (Contraloría General de la república., 2010).

Los lineamientos generales de la política de transporte urbano de pasajeros se plantean en los documentos CONPES 3167 de 2002, 3260 de 2003 y 3368 de 2005, mientras que la estructura y esquemas de financiación de cada uno de los proyectos de transporte masivo se definen en documentos CONPES de formulación inicial y de seguimiento, evaluación y modificación. El fundamento normativo de los sistemas integrados, sustentado en la Ley 86 de 1989 y su modificatoria -Ley 310 de 1996, establecen como objetivo de política en materia de transporte urbano la prestación de un servicio eficiente que contribuya al crecimiento ordenado del territorio y al uso racional del suelo urbano y que promueva el uso del transporte público y la eficiencia en el uso de la infraestructura vial.

1.5.4. Algunos estudios y metodologías aplicadas al problema del transporte en Medellín

Dentro de los múltiples problemas de tipo social, económicos, políticos, de seguridad y ambiental que se presentan en la ciudad de Medellín, el relacionado con la movilidad y el de transporte no está alejado de ser afectado negativamente por las diferentes variables como: flujo vehicular, saturación, reducción de rutas, aumento en la informalidad entre otras. En este sentido, y bajo la búsqueda de

ampliar el contexto del sector transporte, se disertará sobre algunos estudios aplicados para Medellín.

Desde la mirada de los corredores viales como mecanismos que buscan optimizar y controlar de manera eficiente el tráfico bajo el uso de los semáforos y con la intención dual de maximizar la seguridad vial y minimizar el costo para los usuarios. Surge la investigación titulada: “SISTEMA ADAPTATIVO DE CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁFICO DE UN CORREDOR VIAL SEMAFORIZADO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE MEDELLÍN” (Sarmiento & Jiménez, 2011). Quienes abordan el estudio desde el problema de la situación actual (corredor vial arterial que funciona mediante estrategia de control responsivo) en donde se dispone de una infraestructura vial urbana que se debe utilizar de manera óptima. Entonces, el problema es ¿Cómo ocupar en una red de intersecciones semaforizadas, el espacio en duraciones de tiempo que permitan minimizar la demora, con un cálculo en tiempo real?, y ¿Cómo conjuntamente resolver el interrogante mejor ciclo - mejor reparto del ciclo – y mejor desfase para una o varias intersecciones que conforman un corredor vial arterial? (Ibídem).

Para profundizar el estudio, el modelo aplicado se fundamenta en proponer periódicamente (al menos una vez por cada paso del tiempo) ligeras modificaciones de las temporizaciones vigentes con el objeto de ajustar la oferta de los semáforos a las condiciones de la demanda del tráfico reflejadas en los perfiles de demanda. Se destacan los siguientes elementos: un controlador local encargado de procesar la información suministrada por los detectores asociados a dicho cruce, que toma sus propias decisiones al realizar propuestas de temporización para cada cruce de semáforos ajustados a la demanda, varios controladores de zona, que actúan como sistemas intermediarios en el proceso de comunicaciones, y finalmente una central de tráfico, que gestiona las comunicaciones(Sarmiento & Jiménez, 2011).

Como resultado se presenta la construcción de un sistema que opere mediante estrategia de “control adaptativo” en donde las autoridades locales en materia de tránsito y transporte migren sus estrategias de control hacia tecnologías en tiempo real que mediante la utilización de controles y algoritmos adecuados mejoren el comportamiento global del sistema vial.

Por otra parte, se presenta el estudio titulado “Análisis de la modelación de la distribución de viajes para diferentes categorías socioeconómicas en el Valle de Aburrá” (Sarmiento & González, 2012). Quienes abordan la investigación sobre la modelación de la demanda de viajes como un proceso fundamental en la planificación de los procesos de la ciudad. El primer paso en la modelación de la demanda de viajes es el modelo de generación y atracción de viajes que busca explicar los viajes producidos y atraídos con base en variables socioeconómicas de la población (Ibídem). El paso siguiente es distribuir los viajes de acuerdo con un criterio determinado que suele consistir en un modelo matemático (por lo general modelo gravitatorio) calibrado para replicar la distribución de viajes según sus impedancias (costos) y que permitan determinar las matrices Origen-Destino del futuro a partir del año base; luego sigue el reparto de viajes a través de ellos, que serán función de características como comodidad, nivel de servicio, costo, tiempo de viaje, etc. y por último está la asignación de viajes en la red vial, valiéndose de modelos matemáticos iterativos como “todo o nada” o “camino mínimo” con procesos estocásticos (Sarmiento & González, 2012).

Con relación a la aplicación del modelo gravitatorio, que determina los viajes que se dan entre una y otra zona de acuerdo con la generación y la atracción de viajes existentes entre dichas zonas y una función de impedancia que depende del tiempo de viaje entre zonas. Se analizó el modelo para el período pico de la mañana y de la tarde y para los motivos estudio, trabajo y otros, encontrándose que la función de impedancia que mejor se adapta a los modelos para las

diferentes categorías socioeconómicas es la de tipo exponencial negativa. (Sarmiento & González, 2012)

1.6. Comuna 16 Belén, Medellín

El desarrollo de la investigación y el foco de estudio están enmarcados en la comuna 16 Belén de Medellín, Antioquia. Para tal fin es importante, hacer una georreferenciación de la zona. La comuna está localizada en la zona suroccidental de la ciudad. Limita por el norte con la Comuna nº 11 Laureles - Estadio; por el oriente con la Comuna nº 15 Guayabal; al Sur y al Occidente con el Corregimiento de Altavista. Desde su geografía, la comuna Belén ocupa un área de 883.12 hectáreas, equivalentes al 9% del total de la zona urbana y al 2.7% del total de Medellín. El terreno de esta comuna se caracteriza por presentar pendientes suaves y moderadas en gran parte de su territorio, a continuación se en la Figura 2:

Figura 2. Mapa de las Comunas de Medellín, Colombia.



Tomado de: («Comunas de Medellín», 2015)

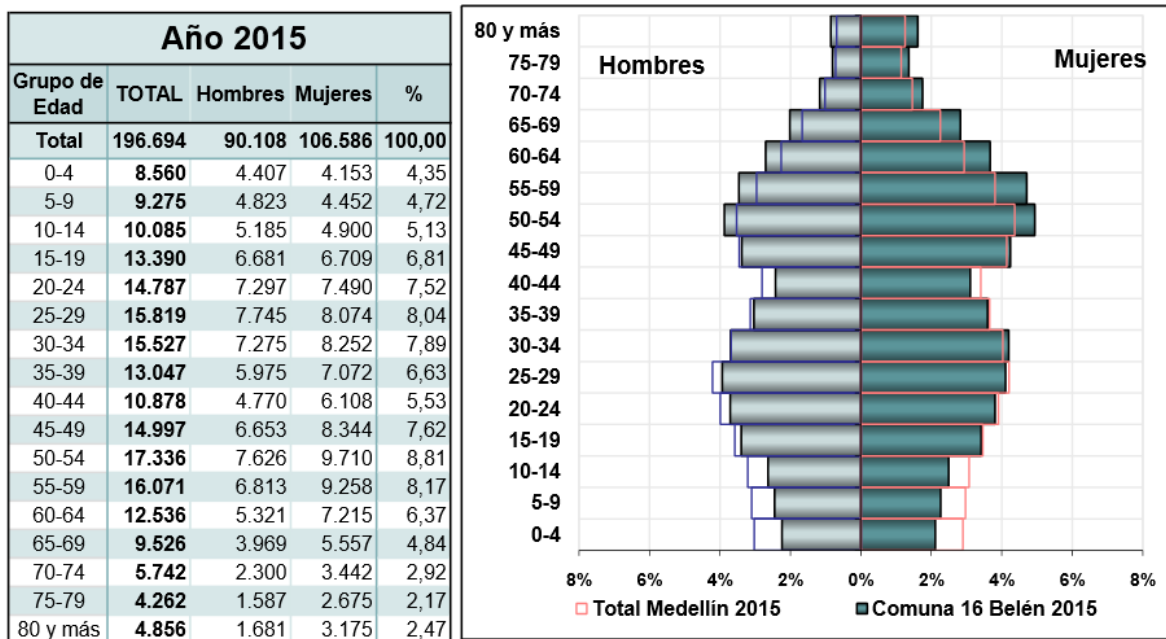
Desde el concepto de Demografía, de acuerdo con las cifras presentadas por el Anuario Estadístico de Medellín de 2005,¹² Belén cuenta con una población de 196.694 habitantes, de los cuales 90.108 son hombres y 106.586 son mujeres. Como puede observarse en el cuadro, la gran mayoría de la población está por debajo de los 39 años (66.6%) del cual el mayor porcentaje lo aporta la población adulta joven (42.5%) con rango de edad de 15 a 39 años. Sólo un 5.9 % representa a los habitantes mayores de 65 años es decir la población de la tercera edad («Perfil Demográfico 2005-2015 Total Medellin.pdf», s. f.)

Según las cifras presentadas por la Encuesta Calidad de Vida 2005 el estrato socioeconómico con mayor porcentaje en Belén es el 3 (medio-bajo), el cual

¹²Anuario Estadístico de Medellín 2005 y los dato sobre la población es proyectada.

comprende el 36.3 % de las viviendas; seguido por el estrato 4 (medio), que corresponde al 30.6 %; le sigue el estrato 2 (bajo) con el 19.4 %, después está el estrato 5 (medio-alto) con el 13 % y solo el 0.6 % corresponde al estrato 1 (bajo-bajo).

Figura 3. Perfil Sociodemográfico 2015, Comuna 16 Belén (Pirámide de población)



Fuente: Censo 2005. Distribución elaborada por convenio entre el DANE y el Municipio de Medellín entre Septiembre 2009 a junio 2010

1.6.1. División barrial de Belén

Según el Acuerdo n.º 997 de 1993 la comuna está compuesta por 22 barrios:

- Fátima
- Rosales
- Belén parque
- Granada
- San Bernardo
- Las Playas
- Diego Echavarría
- Rodeo Alto (La Hondonada)
- La Mota
- El Rincón
- Loma de los Bernal
- La Gloria
- Altavista
- La Palma
- Los Alpes
- Los Alpinos
- Montenegro - Cantarranas
- Altos de la Montaña (Zafra)
- Las Violetas
- Las Mercedes
- Nueva Villa del Aburrá
- Miravalle
- Nogal - Los Almendros
- Cerro Nutibara

Figura 4. Belén, división barrial.



Fuente: Perfil Demográfico Barrios Comuna 16 Municipio de Medellín

Es importante aclarar que la investigación está centrada en la cuenca número tres de la comuna 16 Belén. Y por lo tanto será abordada con exactitud más adelante. A continuación se relacionará la población anual para el 2014 y 2015, según sexo por barrio como lo muestra la Figura 5.

Figura 5. Perfil sociodemográfico 2005 – 2015 comuna 16 Belén

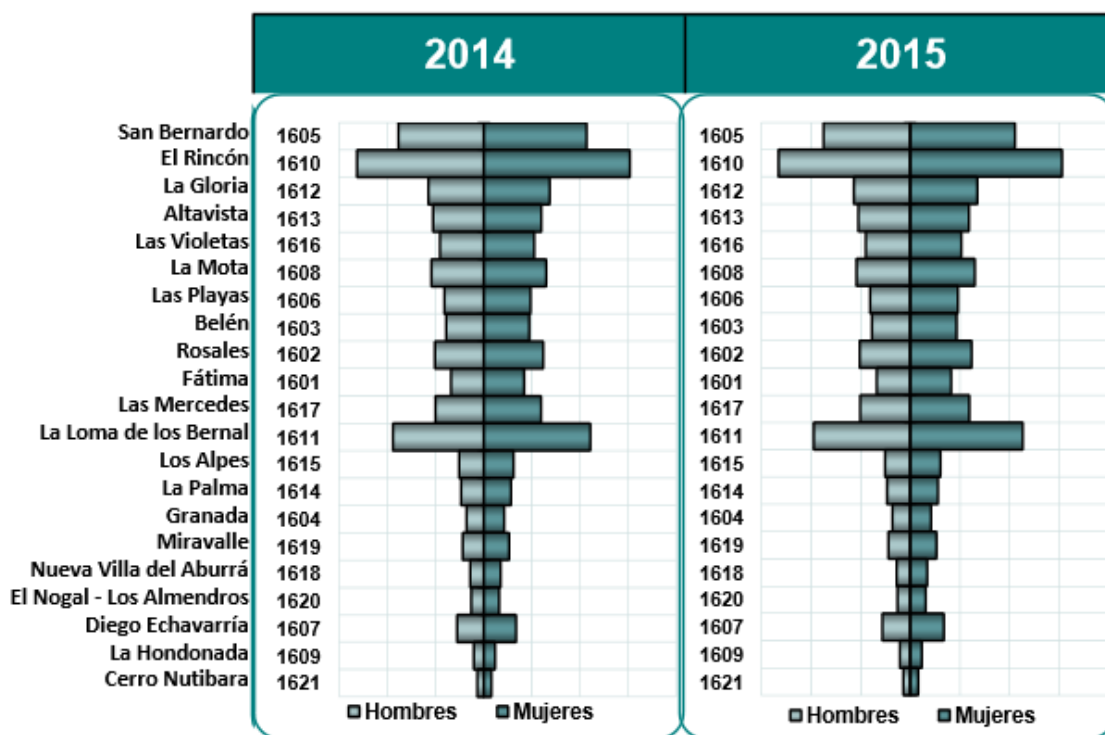


Perfil Sociodemográfico 2005 - 2015
Comuna 16 Belén
Población anual, según sexo por barrio
2005 - 2015

Orden*	Barrios comuna 16 Belén	2014			2015		
		Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
12	1601 Fátima	7.567	3.397	4.170	7.509	3.379	4.130
13	1602 Rosales	11.224	5.066	6.158	11.286	5.098	6.188
14	1603 Belén	8.603	3.899	4.704	8.535	3.866	4.669
7	1604 Granada	3.894	1.788	2.106	3.888	1.791	2.097
21	1605 San Bernardo	19.487	8.848	10.639	19.323	8.753	10.570
15	1606 Las Playas	8.921	4.082	4.839	8.849	4.050	4.799
3	1607 Diego Echavarría	6.108	2.767	3.341	6.203	2.812	3.391
16	1608 La Mota	11.895	5.427	6.468	11.932	5.416	6.516
2	1609 La Hondonada	2.208	1.042	1.166	2.209	1.043	1.166
20	1610 El Rincón	28.263	13.130	15.133	28.601	13.287	15.314
10	1611 La Loma de los Bernal	20.443	9.414	11.029	21.088	9.736	11.352
19	1612 La Gloria	12.568	5.740	6.828	12.466	5.687	6.779
18	1613 Altavista	11.211	5.259	5.952	11.159	5.232	5.927
8	1614 La Palma	5.164	2.353	2.811	5.130	2.334	2.796
9	1615 Los Alpes	5.625	2.556	3.069	5.589	2.538	3.051
17	1616 Las Violetas	9.763	4.542	5.221	9.642	4.486	5.156
11	1617 Las Mercedes	10.939	5.015	5.924	11.015	5.050	5.965
5	1618 Nueva Villa del Aburrá	3.137	1.408	1.729	3.082	1.374	1.708
6	1619 Miravalle	4.809	2.192	2.617	4.842	2.194	2.648
4	1620 El Nogal - Los Almendres	2.882	1.299	1.583	2.842	1.284	1.558
1	1621 Cerro Nutibara	1.464	675	789	1.504	698	806
Total Comuna 16		196.175	89.899	106.276	196.694	90.108	106.586
% participación por sexo		100,00	45,83	54,17	100,00	45,81	54,19

Fuente: Censo DANE 2005 y Proyecciones de Población por Comuna 2006-2015. Unidad de Clasificación Socioeconómica y Estratificación. Subdirección Metro-información

Figura 6. Población anual, según sexo por barrio de 2005 a 2015



Fuente: Censo DANE 2005 y Proyecciones de Población por Comuna 2006-2015. Unidad de Clasificación Socioeconómica y Estratificación. Subdirección Metro-información

1.6.2. La cuenca tres

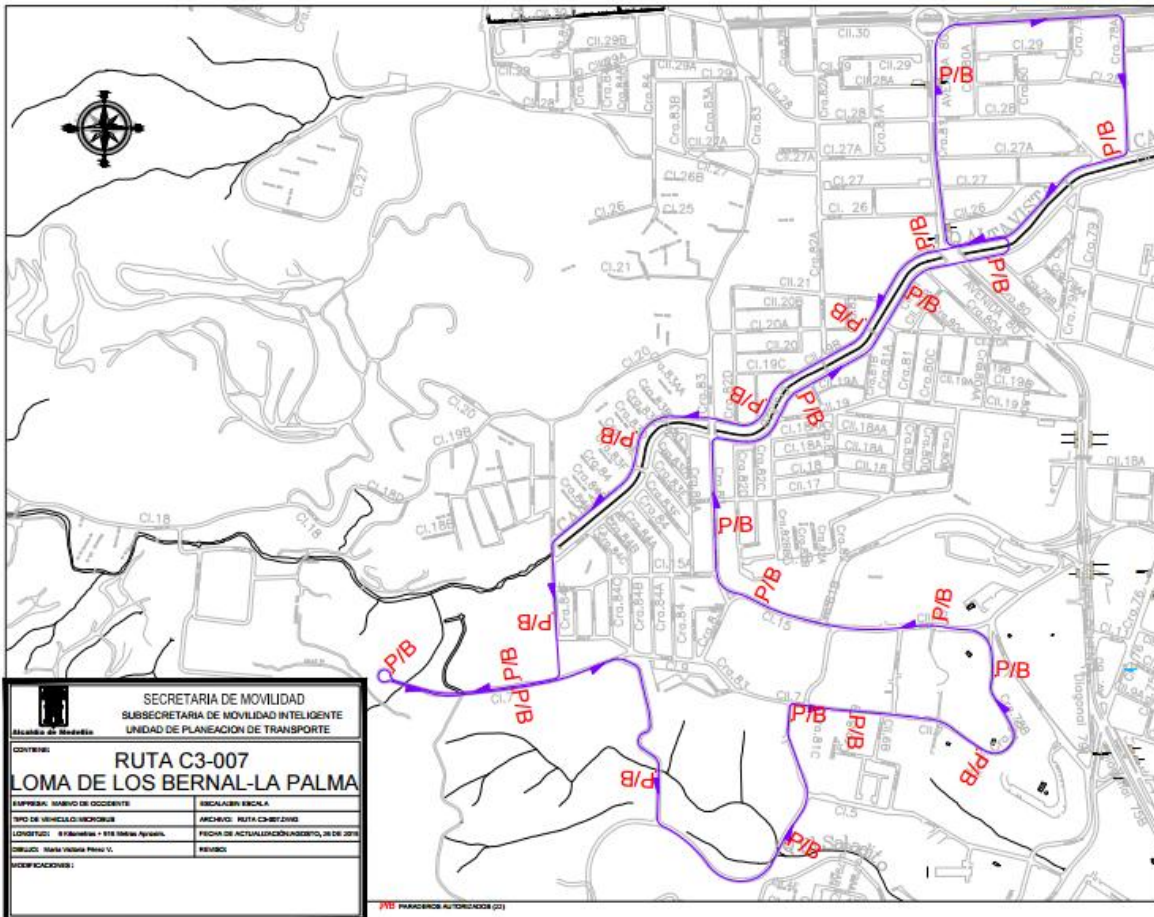
Las Rutas Integradas del Sistema Integrado de Transporte Masivo del Valle de Aburrá (comúnmente llamado **SIT**), es el sistema complementario al Sistema Integrado de Transporte Masivo del Valle de Aburra (SITVA), de tipo minibús en la ciudad de Medellín. El **SIT** hace parte del SITVA, junto al Metrocable, al Metro de Medellín, al Metroplús y al Tranvía de Ayacucho. En este sentido la estructura de transporte en el Valle de Aburrá, está compuesto por dos cuencas: Cuenca número tres (C3) y cuenca número seis (C6) y diversas rutas integradas

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

adicionales, que funcionan con tiquete integrado del Metro de Medellín. Esta clasificación se dio el 28 de octubre de 2013 («SIT (Medellín)», 2015).

A continuación se muestra en la Figura 7, las rutas de transporte que componen la cuenca tres.

Figura 7. Mapa de rutas de transporte de la cuenca 3 de Medellín



Fuente: Sistemas Integrados de Transporte de Medellín (SIT)

A continuación se relaciona la cuenca número 3 y sus respectivas rutas.

Figura 8. Rutas de transporte de la cuenca 3

RUTAS DE LA CUENCA 3		
Ruta	Terminales	Conexiones
C3 001	Aguacatala - Industriales	A Aguacatala-Industriales-Poblado L1 L2 La Palma-Rosales-Fátima-Nutibara
C3 002	Aguacatala - Bulerías	A Aguacatala L1 L2 Rosales
C3 003	Parque de Belén - Manzanillo	L1 L2 Parque de Belén
C3 004	Belén Altavista - Estación UdeM	L1 L2 Estación UdeM - Los Alpes
C3 005	Belén Aguas Frías - Estación UdeM	L1 L2 Estación UdeM
C3 006	Las Violetas - Villa Café	L1 L2 Estación UdeM
	Los Bernal - La Palma	L1 L2 Estación La Palma

Fuente: Sistemas Integrados de Transporte de Medellín (SIT)

De los 22 barrios que conforman la comuna 16 Belén y lo relacionado a la cuenca 3, el foco de estudio estará encausado en los siguientes barrios:

- El Rincón (COBAMA¹³ 1610)
- La loma de los Bernal (COBAMA 1611)
- Los Alpes (COBAMA 1615)
- Las Violetas (COBAMA 1616)
- Las Mercedes (COBAMA 1617)

La elección anterior está justificada bajo los preceptos de deficiencia significativa en el servicio de transporte, altos índices de insatisfacción, continuos reclamos por los oferentes del sector colectivo, alto grado de informalidad en el transporte y por último la accesibilidad a la información.

¹³ Definición usada por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), para especificar la comuna (CO), el barrio (BA) y la manzana (MA).

Después de haber realizado la georreferenciación de la comuna y la cuenca donde se focaliza el estudio, es necesario entrar a explicar los elementos básicos y generales de la economía de transporte.

1.7. Elementos básicos en la economía de transporte

Para entender las interacciones de los agentes y los efectos generados en el mercado de transporte es necesario, caracterizar las condiciones particulares que tiene este escenario a diferencia del mercado tradicional de bienes y servicios que se está acostumbrado analizar.

Para lo anterior, se parte de puntos fundamentales tales como:

- Tecnología de producción: la infraestructura y los servicios.
- Un input fundamental: el tiempo de los usuarios.
- Característica de los servicios: no almacenabilidad e indivisibilidad.
- Efectos de red.
- Externalidades negativas.

1.7.1. Tecnología de producción: la infraestructura y los servicios

Al abordar la investigación sobre los modos de transporte se observa que dentro de esta industria se encuentran dos tipos de actividades muy diferentes: algunas empresas se dedican a la construcción y explotación de las infraestructuras (puertos, aeropuertos, carreteras, etc.) y otras mueven los vehículos que utilizan esas infraestructuras para ofertar los servicios de transporte (Líneas aéreas, empresas de autobuses, etc.) (Rus, Campos, & Nombela, 2002)

Por lo anterior, la infraestructura y los servicios del transporte tienen un grado de significancia alto en el análisis del estudio, debido a la relación directa que existe entre las características particulares de los vehículos y la infraestructura que éstos requieren, condicionan la forma de organización de cada mercado y el grado de competencia factible en ellos. (Rus et al., 2002).

1.7.2. Un insumo fundamental: el tiempo de los usuarios

Un elemento importante en el análisis económico de las actividades de transporte es la existencia de un input fundamental, que es dispendioso para la producción del servicio: es el tiempo del usuario, como pasajero. Es necesario considerar que en la función de producción del transporte no sólo están involucrados los factores productivos convencionales: Trabajo, tierra, energía, infraestructura y equipos móviles, sino que el tiempo del servicio es de gran trascendencia para la calidad del mismo, y además el tiempo adquiere una dimensión especial, convirtiéndolo en una variable tan importante en algunos casos más que el costo monetario en las decisiones de individuos o empresas. (Rus et al., 2002)

En relación con la dimensión temporal, el transporte se comporta de manera diferente a los otros bienes. Debido a que el tiempo empleado en el desplazamiento no es fijo (como sucede en los bienes de consumo), sino que el usuario puede elegir entre múltiples alternativas o modos de transporte, para un mismo trayecto, con tiempos diferentes y el tiempo de cada alternativa puede verse afectado por el número de otros usuarios usando simultáneamente ese mismo modo de transporte. (Rus et al., 2002)

1.7.3. Característica de los servicios de Transporte: no almacenabilidad e indivisibilidad

En este escenario del transporte, se observa la imposibilidad de almacenamiento de la oferta, ya que cuando una empresa pone en circulación un vehículo con determinado número plazas, esta oferta debe consumirse en el momento en que se está produciendo el servicio o se pierde irremediablemente. Y por lo tanto, es necesario que las empresas midan de manera efectiva la oferta para que no generen un derroche de los recursos (viajes casi vacíos). (Ibídem).

Desde el punto de vista del consumidor, la demanda de transporte no suele ser uniforme a lo largo del día, existiendo diferencias entre días de la semana o épocas del año. Esto supone que para evitar problemas de desabastecimiento a los usuarios, la empresa debe disponer de suficientes vehículos para atender la demanda en los momentos más, generalmente denominados periodos u horas "PICO". Y en la situación contraria, en los periodos de demanda baja (Valles), parte de esos vehículos no estarán en circulación, pero la empresa debe asumir los costos fijos de las flotas. (Ibídem).

1.7.4. Efectos de red

Desde la teoría económica se habla de economías o efectos de red cuando la utilidad de un bien depende del número total de consumidores o usuarios que hacen uso del mismo o de bienes similares. En tanto que, al incrementarse el número de viajeros la empresa responde introduciendo mayores frecuencias, lo cual permite a todos los usuarios reducir el tiempo de espera y un mejor ajuste de la oferta a sus preferencias en términos de horarios. Estas externalidades

positivas reciben el nombre en Economía del transporte el nombre de “efecto Mohring¹⁴”. (Ibídem).

1.7.5. Externalidades negativas

Una de las características más marcadas que diferencia al transporte de la producción de otros bienes es la existencia de importantes externalidades negativas, que son transferidas a la sociedad. Si no se hace un control y proceso de regulación riguroso que permita reducir el impacto negativo de los efectos causados sobre el medio ambiente, por la construcción de infraestructuras de transporte. La utilización inevitable de un espacio físico para localizar estos activos requiere el consumo de determinados recursos naturales (tierra, desvíos de cursos naturales de agua, empobrecimiento del paisaje, efectos barreras para los habitantes naturales, etc.), que deben ser valorados en las decisiones inversión y cuyo impacto de tratar de minimizarse bajo la lógica de la racionalidad.

Ahora cuando se evalúa las externalidades o la magnitud de los daños causados sobre las personas, estos impactos son más importantes que los generados por la construcción de la infraestructura. Por lo general existen tres: la contaminación atmosférica, el ruido y los accidentes. Las dos primeras son claramente externalidades de acuerdo con la definición usada tradicionalmente en economía: se trata de efectos cuyos costes recaen sobre individuos distintos al agente que los genera. Los accidentes también entran dentro de esta definición ya que si bien una parte de los costos que conllevan los sufre directamente el propio agente implicado (daños personales y a su vehículo), o tienen que pagarlos directamente terceros (Con indemnizaciones o a través de la contratación de seguros).

¹⁴ El efecto Mohring (1972) explica que la mayor frecuencia de buses genera un mayor bienestar para todos los pasajeros en la ruta porque en promedio esperan menos tiempo que el bus los recoja.

Por último existe una externalidad muy relevante, es el problema de la congestión o saturación, en donde se observa claramente, la externalidad de consumidor a consumidor. En la medida en que la externalidad se produce porque cada usuario, al tomar su decisión de utilizar una carretera, solo tiene en cuenta el costo que le supone el tiempo que va a emplear en el viaje, más el costo monetario que de utilización del vehículo, pero no valora que al circular con su automóvil está haciendo que el tráfico sea menos fluido para todos usuarios. Este último costo, es que desde Pigou¹⁵(PIGOU, 1932) y los economistas vienen defendiendo que la mejor manera de hacer frente al problema de la congestión consiste en alterar la función de costo privada para “internalizar” el efecto externo producido por el agente privado y sufrido por terceros.

1.8. La función de demanda de transporte

Dentro de la interacción de los agentes del mercado y en el análisis de esta investigación es importante identificar de manera independiente la funcionalidad de los tres actores focos de estudio que son: consumidor, oferente y gobierno enmarcados en escenario del transporte. Este último como ente regulador de las fallas del mercado.

En este sentido, es necesario hacer la representación de cada uno de los agentes objetos de análisis. Por tal razón se define la demanda de transporte como la disposición a pagar que tienen los consumidores por hacer uso de una determinada infraestructura o servicio de transporte. Esta disposición a pagar, que refleja la valoración que hacen los usuarios de dichos servicios y que dan lugar a la aparición de una demanda derivada, es decir, el servicio de transporte, como tal, no es un bien de servicio final, sino más bien, un bien intermedio necesario para el desarrollo de otras actividades económica.

¹⁵Pigou, A. C, *Economics of Welfare*, MacMillan, 1920

El transporte como un bien económico se diferencia de los otros bienes de la economía debido a que éste es un bien no almacenable, se encuentra sujeto a una distribución espacial, es un bien intermedio y la proyección de su demanda resulta difícil de proyectar debido a las indivisibilidades y los saltos de capacidad (Mendieta, 2014).

A continuación se hará una explicación de las variables que relacionan y determinan en términos generales la demanda individual, según (Mendieta, 2014), se encuentran: el precio del transporte, el ingreso de las personas, las características socioeconómicas del individuo tales como, género, edad, la ocupación y el tiempo un elemento que juega un papel importante en la demanda de transporte, en la medida que el tiempo del usuario es un insumo más dentro de la función de producción del transporte y multiplicado por el valor unitario del tiempo genera el costo de oportunidad del usuario de transporte.

En la investigación, el esfuerzo indagativo se enmarca en la demanda de transporte, visto desde la óptica del consumidor, sin dejar a un lado, el enfoque general del productor, es así, como es menester establecer los factores que determinan la Demanda de Transporte.

1.8.1. Factores que determinan la demanda de transporte

A continuación se expresan de forma general las variables que influyen de manera directa la demanda de transporte.

- Características físicas: La parte visual del medio de transporte es importante a la hora de la elección por parte del usuario, quien relaciona esta condición con el confort y buena calidad del servicio.(Mendieta, 2014)

- El precio: como es sabido, por la ley de la demanda, el precio del servicio está inversamente relacionado con la cantidad demandada de viajes, es decir, a menor precio mayor cantidad de usuarios consumirán el servicio. Frente a un aumento en el precio o tarifa del transporte, la cantidad demanda disminuirá, esto bajo el supuesto de que el servicio es coherente con la definición de bienes ordinarios.
- Los precios relativos de los diferentes medios de transporte: las diferencias en los valores de los pasajes entre los diferentes modos de transporte de pasajeros se determinan en gran parte por los niveles relativos de tarifas de Metro, Tranvía, bus, colectivo, taxi, así como el costo percibido por viajar en automóvil. (Ibídem).
- Ingreso del pasajero: La relación existente entre el ingreso de los habitantes y la cantidad de viajes es directa, en la medida en que si existe un incremento evidente y no transitorio afectará positivamente el consumo del transporte.
- Velocidad del servicio: depende del valor del tiempo de los usuarios del servicio de transporte. Un menor tiempo requerido para realizar el servicio incentivará un mayor uso por parte de los usuarios.
- Calidad del servicio: En muchas ocasiones no es el precio, el valor cuantitativo, sino la calidad del servicio, un elemento subjetivo lo que acerca o motiva más a los usuarios. (Ibídem).

Con relación a la calidad del servicio se encuentran:

- Frecuencia del servicio: desde la organización del transporte las empresas oferentes deben asegurar que los tiempos de despachos o los tiempos de arribo sean los más cercanos posible a lo que espera el usuario o de lo contrario existirá una reducción de la demanda de transporte por la sustitución por parte del usuario a otro modo de transporte.
- Estándares del servicio: este se encuentra determinado por las normas de desempeño que son estipulados en función del tipo de servicio (primera clase, segunda case, etc.) dichos estándares deben ser coherentes con el niveles de vida de las personas. (Ibídem).
- seguridad del servicio: tanto el gobierno como las empresas proveedoras de servicio de transporte deben tomar en serio este aspecto, la inseguridad, la accidentabilidad generan impactos negativos en la demanda de transporte.

La función de demanda es dependiente de cada uno de los anteriores factores, por lo tanto, no tenerlos en cuenta a la hora de hacer el estudio generará resultados con márgenes de error altos.

1.9. Modelos de elección discreta

En la literatura existen dos perspectivas para la interpretación estructural de los modelos de elección discreta. El primero hace referencia a la modelización de una variable latente a través de una función índice, que trata de modelizar una variable inobservable o latente. El segundo de los enfoques permite interpretar los modelos de elección discreta bajo la teoría de la utilidad aleatoria, de tal manera que la alternativa seleccionada en cada caso será aquella que maximice la utilidad esperada (Ortúzar & Román, 2005), esta última, será la que esencialmente se utilizará en la investigación. Con fin de indagar sobre la teoría de elección discreta, el comportamiento del consumidor, modelos logit, la racionalidad perfecta, la

racionalidad limitada y soluciones simuladas con el fin de encontrar un marco conceptual, para el análisis de los modelos de elección discreta que consideren la racionalidad del usuario.

Dentro de este escenario es importante aclarar que el concepto de la racionalidad limitada, se encuentra en oposición al pensamiento de la teoría neoclásica de la economía, Y se reconoce entonces la incapacidad de la teoría de la racionalidad perfecta para captar completamente el proceso de decisión que llevan a cabo los individuos en la realidad. Ante la imposibilidad de optimizar, la teoría de la racionalidad limitada busca caminos satisfactorios para el decisor. Según Elster (1990, citado en Córdoba, 2010), la racionalidad es limitada desde dos direcciones: desde el entorno del decisor, ya que no tiene acceso a la información perfecta, ni a la certidumbre e influyen en él factores exógenos como la cultura, la idiosincrasia etc., y desde el proceso mental del decisor pues este no tiene ni la estructura perfecta de preferencias, ni la capacidad completa de cálculo, y le afectan factores como las emociones, la experiencia, la memoria, la percepción, las creencias y la sensibilidad e historia personal. La teoría de la racionalidad limitada, no asume al decisor como un ser no racional, sino un ser que trata de ser racional con lo que tiene (Simon, 1978, citado en Franco, 2002).

Ahora bien, con relación al sustento de los modelos de elección discreta y a las diferentes formas de afrontar la toma de decisiones de los seres humanos, se presentan algunos puntos de vistas, de académicos con un alto nivel teórico como lo son:

Para Tversky (1972) cuando se realiza una elección entre varias alternativas, las personas parten de experiencias inciertas e inconsistentes, esto es, los individuos no tienen un nivel de certeza alto a la hora de elegir la alternativa, así como tampoco revelan las preferencias con las alternativas que tienen condiciones y escenarios parecidos(Córdoba, 2010). Este comportamiento, aparentemente no

racional, lleva a autor a concluir que “el proceso de elección debe ser visto como un proceso probabilístico” (Tversky, 1972). En este sentido, surge el interrogante sobre qué factores determinan la probabilidad. Es decir, el comportamiento de los agentes es intrínsecamente probabilístico o el modelador no puede representar el comportamiento del consumidor, a ambos.

Con relación a lo primero, según(Quandt, 1956) especifica que una alternativa puede ser vista como un conjunto finito de características, donde las preferencias son definidas directamente sobre las características e indirectamente sobre las alternativas. Con respecto a lo segundo, (Manski, 1977), afirma que la falta de información lleva al modelador a determinar reglas probabilísticas de elección en los individuos más que la falta de racionalidad.

1.10. Modelos econométricos de elección discreta

Para el caso de estudios aplicados a modelos de transporte, era común hacer uso de los modelos agregados, con el fin de calibrar los datos agrupados y de esta forma hacer los respectivos análisis, pero después de las diferentes investigaciones realizadas por de McFadden (McFadden&Antti Talvitie, 1977) , los modelos de elección de un modo de transporte han adoptado un enfoque desagregado considerando el proceso a escala individual, que son explicados claramente en su libro Modelo de Demanda Estimación y validación.

1.10.1. Preferencias reveladas (PR)

El enfoque de las preferencias reveladas se fundamenta en los hábitos de compra y, a partir de allí, establece cuáles son las preferencias del consumidor. Este tipo

de análisis, permitía el establecimiento de funciones de utilidad derivadas de la observación del comportamiento del consumidor, lo cual, resuelve en gran medida el problema de la brecha entre la teoría de la demanda y la teoría de la conducta del consumidor (Samuelson & Nordhaus, 2004).

1.10.2. Preferencias declaradas (PD)

Se denominan técnicas de preferencias declaradas a un conjunto de metodologías que se basan en juicios (datos) declarados por individuos acerca de cómo actuarían frente a diferentes situaciones hipotéticas que le son presentadas y que deben ser lo más aproximadas a la realidad (Ortúzar & Willumsen, 2011). Estas técnicas utilizan diseños experimentales para construir las alternativas hipotéticas presentadas a los encuestados. A partir de allí se obtienen los datos que permiten estimar las funciones de utilidad con respecto a las alternativas presentes en el experimento.

1.10.3. Comportamiento del consumidor

Dentro del enfoque micro-económico del comportamiento del consumidor se basa en la hipótesis fundamental que el consumidor racional elegirá siempre la combinación de alternativas que le reporte mayor utilidad, entre todas aquellas que pertenezcan al conjunto de alternativas factibles.

El conjunto de alternativas factibles corresponde y están enmarcadas al conjunto de todas las combinaciones que el consumidor puede elegir. Así si $P = P_1, P_2, \dots, P_k$ es el vector de precios del conjunto de bienes X , e I el ingreso disponible por el consumidor n , el conjunto de las combinaciones posibles está dado por:

$$A(n) = \{x \in X : p \cdot x \leq I\} \quad (1)$$

De esta forma el problema del consumidor se define como:

$$\text{Max}U(x) \text{ s.a } p * x \leq I \quad \therefore x \in X \quad (2)$$

Con la anterior definición el consumidor buscará encontrar las respectivas demandas Marshallianas.

1.10.4. Elección individual y demanda individual

La demanda individual se define comúnmente como la respuesta a la pregunta ¿cuánto?, en ese caso se supone que los bienes son infinitamente divisibles.

La hipótesis de bienes divisibles asegura que un cambio en los precios se verá reflejado en un cambio en los consumos, algo que no ocurre necesariamente en el caso de bienes discretos, ya que en este caso, al cambiar los atributos de los bienes cada individuo decide si permanece o se cambia de bien (Córdoba, 2010b).

En el caso de las elecciones discretas, la suma de elecciones individuales puede ser modelada como demanda de bienes continuos. Por tanto, los cambios marginales se producen a nivel agregado, es decir en la demanda total por el bien. Ejemplos de elección en el caso discreto son las siguientes: ocupación de un modo de transporte, destino a donde ir en viajes de recreación, puerto utilizado para enviar un producto, etc. (ibídem).

1.11. Especificación de los modelos de elección discreta Logit

Dado que el uso de una función de distribución garantiza que el resultado de la estimación esté acotado entre 0 y 1, en principio las posibles alternativas son varias, siendo las más habituales la función de distribución logística, que ha dado lugar al modelo Logit, y la función de distribución de la normal tipificada, que ha dado lugar al modelo Probit. Tanto los modelos Logit como los Probit relacionan, por tanto, la variable endógena Y_i con las variables explicativas X_{ki} a través de una función de distribución (Medina, 2003). Para este estudio, la lógica y el desarrollo del modelo estará supeditado a la estructura del modelo Logit, por consiguiente se efectuarán los diferentes pasos y elemento a tener en cuenta para el análisis microeconómico del sector transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín.

En el caso del modelo Logit, la función utilizada es la logística, por lo que la especificación de este tipo de modelos queda de la siguiente manera:

$$Y_i = \frac{1}{1+e^{-\alpha-\beta_k X_{ki}}} + \varepsilon_i = \frac{e^{\alpha+\beta_k X_{ki}}}{1+e^{\alpha+\beta_k X_{ki}}} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Al igual que en el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP), el Modelo Logit (ecuación 3) se puede interpretar en términos probabilísticos, es decir, sirve para medir la probabilidad de que ocurra el acontecimiento objeto de estudio ($Y_i = 1$). En cuanto a la interpretación de los parámetros estimados en un modelo Logit, el signo de los mismos indica la dirección en que se mueve la probabilidad cuando aumenta la variable explicativa correspondiente, sin embargo, la cuantía del parámetro no coincide con la magnitud de la variación en la probabilidad (como si ocurría en el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP)). En el caso de los modelos Logit, al suponer

una relación no lineal entre las variables explicativas y la probabilidad de ocurrencia del acontecimiento, cuando aumenta en una unidad la variable explicativa los incrementos en la probabilidad no son siempre iguales ya que dependen del nivel original de la misma (Medina, 2003).

Una interpretación más sencilla del parámetro estimado es la que se obtiene a través de la linealización del modelo. Para ello, partiendo de la ecuación general del Modelo Logit (ecuación 3) y definido M_i como la probabilidad del estado o la alternativa 1, se tiene

$$E(Y_i) = Prob(Y_i = 1) = M_i = \frac{e^{\alpha + \beta_k X_{ki}}}{1 + e^{\alpha + \beta_k X_{ki}}} \quad (4)$$

De donde:

$$\begin{aligned} M_i + M_i e^{\alpha + \beta_k X_{ki}} &= e^{\alpha + \beta_k X_{ki}} \\ M_i &= (1 - M_i) e^{\alpha + \beta_k X_{ki}} \\ \frac{M_i}{1 - M_i} &= e^{\alpha + \beta_k X_{ki}} \end{aligned} \quad (5)$$

Al cociente entre la probabilidad de que ocurra un hecho, o de que se elija la opción 1, frente a la probabilidad de que no suceda el fenómeno, o de que se elija la opción 0, se la denomina como la ratio odds ó cociente entre probabilidades (CP)¹⁶, por simplicidad se denotará (CP). Su interpretación es la “ventaja” o

¹⁶Tomando logaritmos neperianos del ratio odds ó CP se linealiza la ecuación del modelo Logit, respetando el objetivo de que los valores estimados caigan dentro del rango (0-1), obteniéndose la expresión:

preferencia de la opción 1 frente a la 0, es decir, el número de veces que es más probable que ocurra el fenómeno frente a que no ocurra (Ibídem).

$$CP = \frac{M_i}{1 - M_i}$$

El CP, tal y como está construido (cociente entre probabilidades), siempre será mayor o igual que 0. El campo de variación del ratio va desde 0 hasta $+\infty$, y su interpretación se realiza en función de que el valor sea igual, menor o superior a la unidad: si toma el valor 1 significa que la probabilidad de que ocurra la alternativa 1 es la misma que la de que no ocurra; si el ratio es menor que 1 indica que la ocurrencia de la alternativa 1 tiene menor probabilidad que la ocurrencia de la alternativa 0; mientras que si es mayor que la unidad la opción 1 es más probable que la 0.

El interés de esta medida adquiere sentido cuando se comparan las ventajas para distintos valores de la variable explicativa, calculándose el cociente entre CP. Así, si se compara la situación de la observación “i” con la de la observación “j” (que suele ser la de referencia), el cociente entre CP mide cuanto es más probable que se dé la alternativa 1 en “i” que en “j” (Ibídem).

$$\ln \left[\frac{M_i}{1 - M_i} \right] = \ln(e^{\alpha + \beta_k X_{ki}}) = \alpha + \beta_k X_{ki} \quad (6)$$

La nueva variable $\ln\left(\frac{M_i}{1 - M_i}\right)$ generada representa en una escala logarítmica la diferencia entre las probabilidades de que ocurra la alternativa 1 y su contraria.

$$\text{Cociente entre CP} = \frac{\frac{M_i}{1-M_i}}{\frac{M_j}{1-M_j}} = \frac{e^{\alpha+\beta_k X_{ki}}}{e^{\alpha+\beta_k X_{kj}}} = e^{\beta_k(X_{ki}-X_{kj})} \quad (7)$$

Si el valor obtenido es mayor a la unidad, la probabilidad de ocurra la alternativa 1 en la observación “i” es mayor que en la observación “j”, mientras que si el valor obtenido es inferior a uno, la probabilidad de ocurrencia de la alternativa 1 es superior en la observación “j” que en la “i”. Si el valor obtenido es igual a la unidad significa que las probabilidades en ambas observaciones son iguales (Medina, 2003).

El cálculo del cociente entre CP facilita la interpretación de los parámetros estimados cuando se aplica al caso concreto de calcular la variación en la preferencia o ventaja de un individuo “i” cuando incrementa en una unidad una de las variables explicativas, frente a la ventaja o preferencia del mismo individuo “i” cuando se encuentra en la situación de referencia, obteniéndose para este caso concreto (Medina, 2003)

$$\text{Cociente entre CP} = \frac{\frac{M_{i+1}}{1-M_{i+1}}}{\frac{M_j}{1-M_j}} = \frac{e^{\alpha+\beta_k(X_{ki+1})}}{e^{\alpha+\beta_k X_{ki}}} = e^{\beta_k(X_{ki+1}-X_{ki})} = e^{\beta_k} \quad (8)$$

De donde el parámetro e^{β_k} es un factor de cambio en el cociente entre CP cuando el valor de la variable X_k aumenta en una unidad y el resto de variables explicativas se mantienen constantes. Es decir, el parámetro β_k se interpreta como el número de veces que incrementa el logaritmo de la ventaja o preferencia de la opción 1 frente a la 0 cuando incrementa en una unidad X_k . En muchas ocasiones lo que se analiza es el valor del antilogaritmo del parámetro de tal manera que se evalúe de una forma más directa su efecto sobre la probabilidad (Medina, 2003).

1.11.1. Estimación de los parámetros en los modelos Logit

Antes de abordar el método de estimación en los modelos Logit, es preciso distinguir la existencia de dos casos diferenciados que implican la utilización de métodos de estimación distintos: los modelos Logit con observaciones repetidas y con observaciones no repetidas.

Para el caso sencillo de una única variable explicativa, nos encontramos en una situación con observaciones repetidas cuando la variable X es discreta y presenta un número reducido de alternativas o intervalos (F), de manera que para cada alternativa de la variable X tendremos n_i observaciones de Y, pudiéndose calcular las proporciones o probabilidades muestrales. En este caso la matriz de n datos muestrales quedará reducida a F observaciones siendo los valores que tome la variable endógena (P_i) las proporciones muestrales calculadas a través de la expresión

$$P_i = \sum_{i=1}^F \frac{Y_i}{n_i} \quad (9)$$

Dada una variable aleatoria, caracterizada por unos parámetros, y dada una muestra poblacional, se consideran estimadores Máximo-Verosímiles de los parámetros de una población determinada, aquellos valores de los parámetros que generarían con mayor probabilidad la muestra observada. Es decir, los estimadores Máximo-Verosímiles son aquellos valores para los cuales la función de densidad conjunta (o función de verosimilitud) alcanza un máximo (Medina, 2003).

Suponiendo que las observaciones son independientes, la función de densidad conjunta de la variable dicotómica Y_i queda como:

$$Prob(Y_1, Y_2 \dots Y_i \dots Y_n) = \prod_{i=1}^n M_i^{Y_i} (1 - M_i)^{1-Y_i} \quad (10)$$

Donde M_i recoge la probabilidad de que $Y_i = 1$. Por simplicidad se trabaja con la función de densidad conjunta en logaritmos, cuya expresión es:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = \ln L &= \sum_{i=1}^i Y_i \ln M_i + \sum_{i=1+i}^{n-i} (1 - Y_i) \ln(1 - M_i) \\ &= \sum Y_i \ln M_i + \sum (1 - Y_i) \ln(1 - M_i) \end{aligned} \quad (11)$$

1.11.2. Modelo de regresión multinomial

El modelo de regresión logística multinomial o también conocido como modelo con respuesta politómica, es una generalización del modelo de regresión logístico binomial (McCullagh & Nelder, 1989) en el que se desea estimar la probabilidad de que el individuo presente o no un evento específico, dado un conjunto de variables que explican características particulares de los individuos $\ln\left(\frac{M_i}{1-M_i}\right)$. En el caso del modelo multinomial, la variable endógena tiene más de dos alternativas a considerar como posibles respuestas, por lo cual la distribución de probabilidad adecuada para modelar este fenómeno es la distribución multinomial.

La variable respuesta tiene $r + 1 \geq 2$ categorías. Se elige una como referencia y se enfrentan a ella las r restantes a través de:

$$\frac{Prob(Y=k)}{Prob(Y=0)}; \quad k = 1, \dots, r \quad (12)$$

El modelo como tal se halla representado por:

$$\ln \left[\frac{Prob(Y=k)}{Prob(Y=0)} \right] = \beta_{0k} + \beta_{1k}X_1 + \dots + \beta_{pk}X_p \quad (13)$$

Así pues Tenemos un total de $r * (p + 1)$ parámetros a estimar. Se estima mediante el método de máxima-verosimilitud el cual tiene la sigue forma:

$$L = \prod_{i=1}^n p_{i1}^{y_{i1}} p_{i2}^{y_{i2}} \dots p_{ig}^{y_{ig}} \quad (14)$$

Los β_{jk} estimados representan tasa de cambio de una función de la variable dependiente y por unidad de cambio de la variable independiente X_k . El coeficiente β_{ik} expresa el cambio resultante en la escala de medida de la variable y para un cambio unitario de la variable X_k . Por ejemplo, para la variable X_k , $\beta_{j1} = g(X_k + 1) - g(X_k)$ representa el cambio en el logit, correspondiente a la categoría $Y=j$ versus la categoría de referencia $Y=0$, frente a un incremento de una unidad en la variable X_k . La interpretación se hace en términos de la razón de CP.

Ahora la interpretación de coeficientes estimados se realiza de la siguiente forma. Partiremos de interpretar las “razones de CP” y son obtenidas al aplicar la función

exponencial a nuestros parámetros estimados. De acuerdo con la siguiente ecuación y como se explicó anteriormente en la ecuación (8):

$$\exp(\beta_{ij}) = \frac{CP(x_i=k-esima\ categoria)}{CP(x_i=última\ categoria)} \quad (15)$$

Donde los CP representan la oportunidad de un evento que tiene probabilidad p de ocurrencia respecto de su no ocurrencia o en tal caso de la ocurrencia de otro evento con probabilidad q. En este sentido, la interpretación de los coeficientes se realiza de acuerdo a cada modelo. Por ejemplo, En los resultados de transporte informal vemos que ser tecnólogo para la elección de este transporte, entre todos los transportes, es cerca de 12 veces más a la predilección que tienen los bachilleres (nivel de referencia para la profesión) Ver Tabla 20.

1.11.3. Contrastes de restricción de parámetros a partir del Test de Wald

Se basan en la normalidad asintótica de los estimadores de máxima verosimilitud. El estimador de máxima verosimilitud de b , b^* (estimado), tiene distribución normal asintótica de media b y matriz de covarianzas estimada $Cov(b^*)$. Así que el estadístico de Wald presenta la forma cuadrática: $b^{*'} [Cov(b^*)]^{-1} b^*$, que tiene distribución chi-cuadrado asintótica con r grados de libertad (número de parámetros nulos bajo la hipótesis nula).

Así que se rechaza la hipótesis nula al nivel de significación α cuando el valor observado de este estadístico sea mayor o igual que el cuantil de orden $(1-\alpha)$ de la distribución χ^2 . Su valor para un coeficiente concreto viene dado por el cociente

entre el valor del coeficiente y su correspondiente error estándar. Es decir si se quiere contrastar:

$$H_0: b_{sj} = 0 \quad (16)$$

$$H_1: b_{sj} \neq 0$$

El estadístico será:

$$W = \frac{b_{sj}^{*2}}{\sigma^{*2} b_{sj}^*} \quad (17)$$

1.11.4. Medidas de Bondad de ajuste del modelo

El uso de la función de verosimilitud en la estimación, hace que la bondad del ajuste en los modelos de elección discreta sea un tema controvertido, ya que en estos modelos no existe una interpretación tan intuitiva como en el modelo de regresión clásico. A continuación se describen los contrastes más utilizados en la literatura econométrica para medir la bondad el R cuadrado Cox&Snell y el Nagelkerke / Cragg&Uhler's.

1.11.5. Índice de cocientes de verosimilitudes (R-cuadrado de McFadden)

La función de verosimilitud puede también utilizarse para obtener un estadístico, que tiene cierta semejanza con el coeficiente de determinación calculado en la estimación lineal, conocido “índice de cociente de verosimilitudes”. Este estadístico compara el valor de la función de verosimilitud de dos modelos: uno corresponde al modelo estimado que incluye todas las variables explicativas (modelo completo) y el otro sería el del modelo cuya única variable explicativa es

la constante (modelo restringido) (Medina, 2003) . El estadístico, también conocido como R2 de McFadden ya que fue propuesto por McFadden en 1974, se define como:

$$RV = ICV = 1 - \frac{\log L}{\log L(0)} \quad (18)$$

Donde L es el valor de la función de verosimilitud del modelo completo (el estimado con todas las variables explicativas) y $L(0)$ es el valor correspondiente del modelo restringido (el que incluye únicamente en la estimación el término constante).

El ratio calculado tendrá valores comprendidos entre 0 y 1 de forma que:

- Valores próximos a 0 se obtendrán cuando $L(0)$ sea muy parecido a L , situación en la que nos encontraremos cuando las variables incluidas en el modelo sean poco significativas, es decir, la estimación de los parámetros b no mejora el error que se comete si dichos parámetros se igualaran a 0. Por lo que en este caso la capacidad explicativa del modelo será muy reducida.
- Cuanto mayor sea la capacidad explicativa del modelo, mayor será el valor de L sobre el valor de $L(0)$, y más se aproximará el ratio de verosimilitud calculado al valor 1.

1.11.6. R-cuadrado de Cox & Snell

El cociente de las probabilidades refleja la mejora del modelo completo sobre el modelo de intercepción (cuanto menor sea el ratio, mayor será la mejora).

$L(M)$ es la probabilidad condicional de la variable dependiente dada las variables independientes. Si hay N observaciones en el conjunto de datos, $L(M)$ es el producto de N probabilidades. Así, tomando la raíz n -ésima del producto $L(M)$ proporciona una estimación de la probabilidad de cada valor de Y . Presenta de Cox y Snell R cuadrado como una transformación de la $-2\ln[L(M_{intercept})/L(M_{Full})]$ estadística que se utiliza para determinar la convergencia de una regresión logística.

Nota: Cox & Snell R cuadrado tiene un valor máximo que no es 1: Si el modelo completo predice el resultado perfectamente y tiene una probabilidad de 1, Cox y Snell es entonces $1 - L(M_{intercept})^{\frac{2}{N}}$ que es menor que uno.

Por lo tanto el R cuadrado de Cox&Snell toma la siguiente estructura:

$$R^2 = 1 - \left\{ \frac{L(M_{intercept})}{L(M_{Full})} \right\}^{\frac{2}{N}} \quad (19)$$

1.11.7. R-cuadrado de Nagelkerke

Indica la parte de la varianza de la variable dependiente explicada por el modelo. Hay dos R -cuadrados en la regresión logística, y ambas son válidas. Es usual decir que la parte de la variable dependiente explicada por el modelo oscila entre

la R-cuadrado de Cox y Snell y la R-cuadrado de Nagelkerke. Cuanto más alto es la R-cuadrado más explicativo es el modelo, es decir, las variables independientes explican la variable dependiente.

El Cox y Snell R cuadrado se divide por el valor máximo posible, $1 - L(M_{intercept})^{\frac{2}{N}}$. Entonces, si el modelo completo perfectamente predice el resultado y tiene una probabilidad de 1, Nagelkerke/Cragg&Uhler de R-squared = 1.

Cuando $L(M_{full}) = 1$, entonces $R^2 = 1$

Cuando $L(M_{full}) = L(M_{intercept})$, entonces $R^2 = 0$.

Con la anterior información se determina que la forma del R-cuadrado de Nagelkerke es:

$$R^2 = \frac{1 - \left\{ \frac{L(M_{intercept})}{L(M_{Full})} \right\}^{\frac{2}{N}}}{1 - L(M_{intercept})^{\frac{2}{N}}} \quad (20)$$

1.12. Matriz de Vester

Para los procesos de investigación que involucran de manera directa las relaciones existentes entre la comunidad y los entes públicos que determinan los programas de participación ciudadana dentro de un contexto económico-social, surge la necesidad de identificar todas las interacciones dadas entre las variables del sistema objeto de estudio y sus respectivos componentes, a través de la investigación de acción participativa, mediante el cual, la comunidad juega un papel importante en la generación de alternativas incluyentes, que permitan mejorar o impactar positivamente a los agentes involucrados. En este sentido,

nace la necesidad de traer a memoria, el modelo de sensibilidad expuesto por el alemán Frederic Vester, quien brinda una ruta metodológica asertiva para abordar el problema planteado en este trabajo. A continuación se muestra teórica y procedimentalmente, la ruta y el paso a paso detallado, para hacer uso de esta herramienta.

Una vez identificado el grupo focal, que está conformado por los agentes directos e indirectos que tienen incidencia sobre la problemática y soluciones focalizadas por el estudio, el derrotero para aplicar el modelo de sensibilidad de Vester es el siguiente:

Paso 1.

El grupo focal, a través de un diagnóstico rápido, efectúa una lluvia de ideas donde exponen los diferentes problemas que actúan sobre la zona objeto de estudio (Amaya, Defterli, Fügenschuh, & Weber, 2014).

Paso 2.

El grupo focal, a través de un diagnóstico exhaustivo, hace un tamizaje detallado de los problemas enlistados en el paso anterior, con el fin de reducir los más significativos dentro de la intención de la investigación.

Paso 3.

Se genera una notación alfanumérica consecutiva, que permita relacionar cada uno de los problemas determinados por el tamizaje, que tengan mayor relevancia: Problema₁, Problema₂, Problema₃, ..., Problema_n (Vester, 1980)

Paso 4.

Elaborar la matriz ubicando los problemas por filas y columnas siguiendo el mismo orden consecutivo, con el que se referenció después del tamisaje. (Ibídem).

Paso 5

Determinar una valoración de orden categórico al grado de causalidad que merece cada problema con cada uno de los demás, y de esta forma observar el grado de motricidad entre ellos. Para lo cual, se tienen las siguientes opciones:(Ibídem).

- No es causa 0
- Es causa indirecta 1
- Es causa medianamente directa 2
- Es causa muy directa 3

Paso 6.

El llenado de la matriz, consiste en analizar. ¿Qué grado de causalidad tiene el problema 1 sobre el problema 2?, sobre el 3?,..., sobre el n-ésimo, hasta diligenciar cada fila en forma consecutiva y completar el total de la matriz. Cabe señalar que las celdas correspondientes a la diagonal principal de la matriz son iguales a cero, debido a que no se puede relacionar la causalidad de un problema consigo mismo. En este apartado, es importante especificar: que la valoración de determinada para cada problema, con relación a otros, se obtienen a través del consenso de los criterios del grupo de expertos que están participando en el estudio. (Amaya et al., 2014)

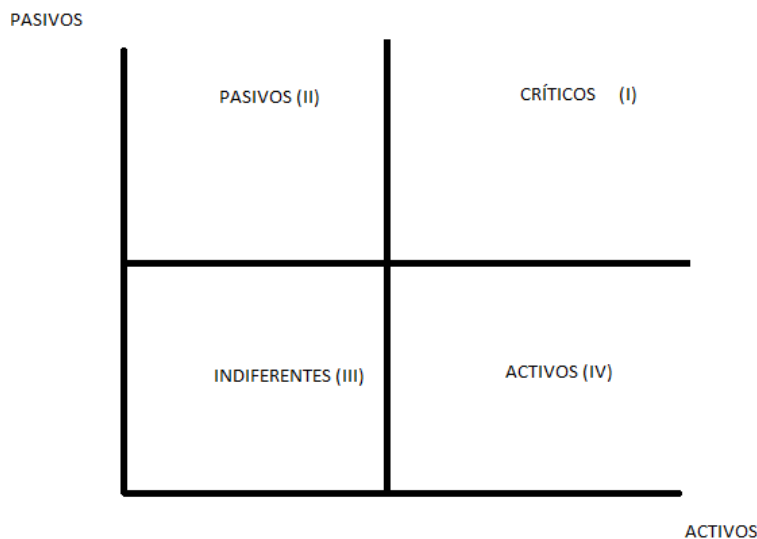
Paso 7.

Calcular los totales por filas y columnas. La suma de los totales por filas conduce al total de los activos que se corresponden con la apreciación del grado de causalidad de cada problema sobre los restantes. La suma de cada columna conduce al total de los pasivos que se interpreta como el grado de causalidad de todos los problemas sobre el problema particular analizado es decir su nivel como consecuencia o efecto. (Cuthbert, 2015)

Paso 8.

Consiste en hacer una clasificación de los diferentes problemas, con relación a las características de causa efecto de cada uno de estos. Para lo cual, se debe construir un eje de coordenadas donde el eje de las abscisas se situaran los valores de los activos y en el eje de las ordenadas el de los pasivos. Posterior a esto, se toma el mayor valor del total de los activos y se divide entre dos, lo mismo con los pasivos. A partir de los valores resultantes se trazan sobre los ejes anteriores líneas paralelas al eje X si se trata de los pasivos y al eje Y si se trata de los activos. Lo anterior facilita un trazado de dos ejes representados por las perpendiculares trazadas desde de los ejes originales, que permite la representación de 4 cuadrantes, ubicando sobre ellos a cada uno de los problemas bajo análisis.(Cuthbert, 2015). A continuación se muestra la gráfica que especifica lo antes mencionados.

Figura 9. Número de Cuadrantes



Fuente: elaboración propia con base a la bibliografía referenciada

Teniendo en cuenta la anterior representación de los cuadrantes, es importante caracterizar cada uno de esto, por lo cual se especifica en el siguiente tabla.

Tabla 3. Características de los cuadrantes de la matriz de Vester

CUADRANTE 2: PASIVOS.	CUADRANTE 1: CRÍTICOS.
<p>Problemas de total pasivo alto y total activo bajo.</p> <p>Se entienden como problemas sin gran influencia causal sobre los demás pero que son causados por la mayoría.</p> <p>Se utilizan como indicadores de cambio y de eficiencia de la intervención de problemas activos.</p>	<p>Problemas de total activo total pasivo altos.</p> <p>Se entienden como problemas de gran causalidad que a su vez son causados por la mayoría de lo demás,.</p> <p>Requieren gran cuidado en su análisis y manejo ya que de su intervención dependen en gran medida lo resultados finales.</p>
CUADRANTE 3: INDIFERENTES.	CUADRANTE 4: ACTIVOS
<p>Problemas de total activos y total pasivos bajos.</p> <p>Son problemas de baja influencia causal además que no son causados por la mayoría de los demás.</p> <p>Son problemas de baja prioridad dentro del sistema analizado.</p>	<p>Problemas de total de activos alto y total pasivo bajo.</p> <p>Son problemas de alta influencia sobre la mayoría de los restantes pero que no son causados por otros.</p> <p>Son problemas claves ya que son causa primaria del problema central y por ende requieren atención y manejo crucial.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos del paper: Vester's Sensitivity Model for Genetic Networks with Time-Discrete Dynamics

Paso 9.

Después de haber realizado rigurosamente el análisis sobre la motricidad de cada uno de los problemas y sus respectivas causas, es necesario, elaborar una representación gráfica del árbol del problema, donde se jerarquizan cada una de las situaciones objeto de estudio. Con el fin posterior de generar propuestas de soluciones.

2. Metodología a utilizar

En la investigación sobre el análisis microeconómico del sector transporte masivo y colectivo a realizar en la cuenca número tres de Medellín, la información a utilizar es primaria y secundaria, en lo que atañe a las fuentes primarias será recolectada a través de encuestas, por lo tanto es necesario traer a colación el concepto del tamaño óptimo de la muestra y poder extraer un subconjunto de la población representativo bajo los principales criterios estadísticos de selección, para determinar el diagnóstico y concluir sobre el foco de estudio. Desde la fuente secundaria se hará el análisis de datos o registros que soportan la investigación.

2.1. Tamaño óptimo de la muestra

Como se conoce el tamaño de la población de los barrios objetos de estudios que pertenecen a la cuenca tres de Medellín y para este caso son: el Rincón con 28.263 habitantes, la Loma de los Bernal con 20.443 habitantes, Los Alpes con 5.625 habitantes, Las Violetas con 9.763 habitantes y las Mercedes con 10.939 habitantes, para alcanzar así, un total aproximado de 75.033 habitantes según fuentes del Departamento Nacional de Estadística DANE y el Municipio de Medellín, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Número de habitantes por barrio de la cuenca tres.

Barrios objetos de estudios cuenca tres	
Nombre del Barrio	Número de habitantes
El Rincón (1610)	28263

La Loma de los Bernal (1611)	20443
Los Alpes (1615)	5625
Las Violetas (1616)	9763
Las Mercedes (1617)	10939
Total Población	75033

Fuente: Censo DANE 2005 y Proyecciones de Población por Comuna 2006-2015. Unidad de Clasificación Socioeconómica y Estratificación. Subdirección Metroinformación

Como la población es finita, la fórmula estadística a utilizar es:

$$n = \frac{NZ^2pq}{Ne^2 + Z^2pq} \text{ (VIVANCO, 2005)} \quad (21)$$

A continuación se procede a explicar cada uno de los componentes de la fórmula anterior

n es el tamaño óptimo de la muestra, es decir, el número de encuestas a realizar.

N es el total de la población de los barrios objetos de estudio de la cuenca tres, para este caso es 75.033 habitantes según fuentes del Departamento Nacional de Estadística DANE y el Municipio de Medellín.

NC es el nivel de confianza, para esta investigación se toma con un 95% que representa un porcentaje fiable.

P es la probabilidad de éxito, como no existen estudios previo que determinen éste valor, se le asigna una valor probabilístico del 50%.

q es la probabilidad de error, y por definición es igual a $q = 1 - p$ (Hamza, 1995), por lo tanto el valor probabilístico de q es 50%.

e es el error máximo permitido, para el estudio se toma con un 6%, debido a que existe un grado de subjetividad por parte de los encuestados.

Z es el valor asociado a la tabla de la normal y a un nivel de confianza.

Ahora se encuentra el valor de Z, a través de definición de la cola derecha de la Campana de GausJordan (Johnson, Kotz, & Balakrishnan, 1995) donde se especifica lo siguiente: $NC = 1 - \alpha$,

Y de esta forma operar matemáticamente para encontrar el valor de alfa, teniendo en cuenta que el objetivo principal es determinar el valor de Z estandarizado definido como $Z = 1 - \frac{\alpha}{2}$ (Johnson et al., 1995). (22)

Para hallar el valor de alfa (α), es necesario traer a memoria el nivel de confianza, cuyo valor porcentual es del 95%. Resolviendo matemáticamente la ecuación se tiene:

$$NC = 1 - \alpha \quad (23)$$

$$95\% = 1 - \alpha$$

$$\alpha = 1 - 0.95$$

$$\alpha = 0.05$$

Con el anterior resultado de alfa, se puede calcular el valor de Z.

$$Z = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$Z = 1 - \frac{0.05}{2}$$

$$Z = 0.975$$

El valor de Z encontrado y la información expuesta en la tabla de la normal en la cola derecha, permite determinar el valor exacto que hay que reemplazar en la fórmula del tamaño óptimo referenciada anteriormente, para este caso en particular el valor estandarizado es $Z = 1.96$ (Ver anexo A)

Por consiguiente, una vez obtenido el resultado de todas las variables que relacionan el tamaño óptimo de la muestra, se procede a realizar las operaciones pertinentes para encontrar el número de encuestas a efectuar, teniendo en cuenta la ecuación (21).

$$n = \frac{NZ^2pq}{Ne^2 + Z^2pq}$$

$$n = \frac{(75.033)(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(75.033)(0.06)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 265.832 \approx 266$$

$n = 266$, es el tamaño óptimo de la muestra, es decir, el número de encuestas a realizar bajo los criterios estadísticos de un nivel de confianza del 95%, una probabilidad de éxito del 50% y con un número de población de 75.033 de habitantes en los barrios objeto de análisis de la cuenca tres.

2.2. Muestreo aleatorio estratificado con asignación proporcional

Una vez definido el tamaño óptimo de la muestra es necesario precisar la forma de cómo será extraído los elementos objetos de estudio del total de la población, para la investigación el tipo de muestreo a utilizar será **muestreo aleatorio estratificado con asignación proporcional**, debido a que genera un nivel de conveniencia a la hora de extraer la información y más aún para la investigación en donde los estratos están construidos por áreas geográficas (Dhalla, Singal, & Beamish, 2012), lo cual facilita el proceso de selección de la muestra en el caso de poblaciones muy extensas.

Para este tipo de muestreo, el tamaño de la muestra de cada subpoblación es proporcional al peso del estrato dentro de la población general.

Para lo cual se tiene en cuenta que el tamaño de la muestra es igual a:

$$n = n_a + n_b + n_c + \dots + n_k \quad (24)$$

Donde:

n = tamaño total de la muestra

n_a = tamaño de la muestra de la subpoblación a ,

n_b = tamaño de la muestra de la subpoblación b ,

n_c = tamaño de la muestra de la subpoblación c ,

n_k = tamaño de la muestra de la subpoblación k .

Por consiguiente, el tamaño de la muestra de la subpoblación a en una muestra aleatoria estratificada con asignación proporcional será igual a (Izcara Palacios, 2007) :

$$n_a = n \left(\frac{N_i}{N} \right) \quad (25)$$

Dónde:

n = tamaño total de la muestra

N_i = Tamaño del estrato o subpoblación de donde será extraída la muestra n_i

N = tamaño de la población general.

En el caso particular de la investigación, en la cuenca tres de Medellín, se puede estratificar como se referencia en la Tabla 5.

Tabla 5. Población de los barrios objetos de estudio de la cuenta tres de Medellín.

POBLACIÓN DE LOS BARRIOS OBJETO DE ESTUDIO DE LA CUENCA TRES DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN.						
	El Rincón (1610)	La Loma de los Bernal (1611)	Los Alpes (1615)	Las Violetas (1616)	Las Mercedes (1617)	TOTAL
Población	28263	20443	5625	9763	10939	75033
Porcentaje	37.66%	27.24%	7.49%	13.01%	14.57%	1

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos del Censo DANE 2005 y Proyecciones de Población por Comuna 2006-2015. Unidad de Clasificación Socioeconómica y Estratificación. Subdirección Metro-información

Ahora se procede hallar la fracción de o el peso de cada uno de los diferentes estratos asociados a el nombre del barrio y su respectiva población.

Una muestra aleatoria estratificada proporcional de la cuenca tres de la ciudad de Medellín que tiene en cuenta el barrio y su población, tendrá la siguiente distribución por estrato:

$$n_a = n \left(\frac{N_i}{N} \right)$$

Donde:

n_1 = tamaño de la submuestra de habitantes que residen en el barrio el Rincon,

n = tamaño total de la muestra, para este caso 266.

N_1 = 28.263 (véase Tabla 5)

N = 75.033 (véase Tabla 5)

Luego:

$$n_1 = 266 \left(\frac{28.263}{75.033} \right),$$

$n_1 = 100$ número de encuestas a realizar en el barrio el Rincón

A continuación se efectúa el proceso análogo para cada barrio objeto de estudio, aclarando que la única variación existente en cada uno de estos cálculos es el tamaño del estrato o subpoblación de donde será extraída la muestra N_i . La Tabla 6. Muestra la fracción o el número de encuestas a realizar por cada barrio.

Tabla 6. Número de encuestas a realizar por barrio

Variables	Barrios				
	El Rincón	Loma de los BERNALES	Alpes	Violetas	Mercedes
N	75.033	75.033	75.033	75.033	75.033
N_i	28.263	20.443	5.625	9.763	10.939
n	266	266	266	266	266
n_i	100	72	20	35	39

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos del Censo DANE 2005 y Proyecciones de Población por Comuna 2006-2015.

Con los anteriores resultados, se establece de manera clara y coherente, de cómo será extraída el tamaño óptimo de la muestra, supeditado a criterios estadísticos

En este apartado, es necesario precisar sobre la distribución de la muestra poblacional estratificada, en la que se considera el supuesto de efectos fijos, para los individuos focos de estudio sin importar el barrio de precedencia. Debido a que las características socioeconómicas, culturales, políticas y geográficas de estos barrios son de rasgos similares. Por lo tanto, se guarda una coherencia con el análisis de la varianza que se aplica a situaciones en las que el experimentador a sometido al grupo de estudio a varios factores, cada uno de los cuales afecta solo a la media, permaneciendo la variable respuesta con una distribución normal. Existiendo así, un encadenamiento con los expuesto (Wooldridge, 2006) en donde las especificaciones de los estimadores de efectos fijos o de las transformaciones intragrupos, sirven para controlar la heterogeneidad inobservable, en particular cuando ésta es constante en el tiempo y está correlacionada con las variables independientes.

Por otro lado, dentro de los modelos utilizados en este trabajo, la variable tarifa carece de un horizonte de significancia relevante, en la medida que presenta un nivel de complejidad alto con relación a la implementación de los Sistemas de transporte masivo y colectivo en el país, que se han visto afectada por la materialización de los problemas estructurales (Asociación de Operaciones de Transporte Masivo, 2014), conformados básicamente en tres tipos de riesgos: los primeros de tipo políticos que explican los criterios de autosostenibilidad, enmarcados en los riesgos tarifario. En donde los alcaldes no tienen incentivo para subir tarifas y por lo tanto éstas no son suficientes para remunerar la operación y garantizar un servicio de calidad. Y por último, el riesgo de implementación que conllevan a una efectiva reestructuración del transporte colectivo y de su respectiva infraestructura que son sin duda temas álgidos que podrían originar otra investigación.

En este sentido, la comuna 16 Belén, posee un gran número de habitantes tanto de esta como de otras comunas, este volumen de personas hace que se genere un gran comercio repartido en diversos sectores de la ciudad como el informal, financiero, construcción, industria, educación, comercio, servicios, entre otros. Estas personas que laboran requieren moverse en todas las direcciones y durante todo el día, ya sea en auto o se movilizan en el servicio público, que comprende, metro, buses, taxis, y colectivos, cada uno de estos con características diferentes al igual que las tarifas, en este sentido, tener en cuenta esta variable en la investigación, es menester hacer un proceso de homogenización y ahondar en otras categorías que influyen sobre la movilización en Medellín, debido a que esta (movilización) no es un tema aislado ni de repercusiones limitadas dentro de la problemática de la ciudad, dado que el transporte es un problema que incide de manera directa sobre la calidad de vida de sus habitantes (Alcaldía Mayor de Bogotá, s. f.).

3. Análisis de los resultados

A continuación se presenta el análisis descriptivo de las variables más importantes de la encuesta realizada (ver Anexo B) y posteriormente la interpretación de los resultados del modelo discreto multinomial, la interpretación de los coeficientes relativos, probabilidades de elección, el nivel de significancia y las diferentes medidas de bondad de ajuste.

3.1. Análisis descriptivo

El análisis de las variables de la encuesta se realizó, en el orden de digitación de la base de datos plana en Excel y posteriormente se efectúan tablas de frecuencias absolutas, relativas y sus respectivas acumuladas, dentro de este análisis se realizan algunas correlaciones de las variables más importantes para la investigación

3.1.1. Características socioeconómicas

Para la inclusión y análisis de las variables socioeconómicas se tuvo en cuenta el resultado del grupo focal y encuesta piloto, que permitieron perfeccionar la encuesta definitiva y cuyos principales resultados se describen a continuación.

El total de la muestra fueron 266 personas del total de la población 75.033 conformada por 28.263 del barrio Rincón, 20.443 Loma de los Bernal, 5.625 de los Alpes, 9.763 de las Violetas y 10.939 Las Mercedes, barrios pertenecientes a la

cuenca tres de la comuna 16 de Belén. El análisis estadístico se realizó con el lenguaje de programación R (Gentleman & Ihaka, 1993) Ver Tabla 6.

Tabla 7. Análisis de frecuencia de las variables socioeconómicas

Variable	Descripción	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada
Género	Mujer	168	0,6316	168	0,63
	Hombre	98	0,3684	266	1,00
Cargo	Empleados	136	0,5113	136	0,51
	Independientes	65	0,2444	201	0,76
	Desempleados	2	0,0075	203	0,76
	Estudiantes	29	0,1090	232	0,87
	Ama de Casa	34	0,1278	266	1,00
Edad	18 a 24 años	50	0,1880	50	0,19
	25 a 35 años	142	0,5338	192	0,72
	36 a 51 años	37	0,1391	229	0,86
	Mayos de 51 años	37	0,1391	266	1,00
Educación	Bachiller	5	0,0188	5	0,02
	Tecnólogo	175	0,6579	180	0,68
	Profesional o posgrado	86	0,3233	266	1,00
Ingresos	Menor a \$ 644.350	26	0,0977	26	0,10
	\$644.351 a \$1.288.700	187	0,7030	213	0,80
	Mayor de \$1.288.700	53	0,1992	266	1,00

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

De la muestra analizada el 63,16% son mujeres y el 36,84% son hombres; la mayoría de los encuestados son empleados con el 51,13%, el 53,38% son personas que se encuentran en el rango de edad de 25 a 35 años, el 65,79% tiene un nivel de educación categorizado como tecnólogo y el 70,30% gana entre uno y dos salarios mínimos legalmente vigente para Colombia en el año 2015.

Tabla 8. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor modo de transporte más utilizado para ir al trabajo o al estudio

Variable	Descripción	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada
Modo de transporte más utilizados	Auto	15	0,0564	15	0,06
	Bus o colectivo	78	0,2932	93	0,35
	SIT	84	0,3158	177	0,67
	Taxi	21	0,0789	198	0,74
	Transporte Informal	40	0,1504	238	0,89
	Moto	17	0,0639	255	0,96
	A pie	11	0,0414	266	1,00

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 8, se puede observar que la población en estudio el modo de transporte que más utiliza para ir al trabajo o estudio es el Sistema de Transporte Integrado (SIT) con una participación porcentual del 31,58 % del total de los encuestados, mientras que con una diferencia de frecuencia relativa no muy marcada se encuentra el modo de transporte bus o colectivo con 29,32%. En este sentido, la utilización sobre los medios de transporte a pie y en Auto, se da con una intensidad muy baja de tan solo el 4,14% y 5,64% respectivamente.

Tabla 9. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor cambio de tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del Sistema Integrado Metro

Variable	Descripción	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada
Cambio de tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del Sistema Integrado Metro	Aumentó	168	0,6316	168	0,6316
	Disminuyó	54	0,2030	222	0,8346
	Se mantiene igual	1	0,0038	223	0,8383
	No sabe no responde	43	0,1617	266	1,0000

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 9, se puede observar que el 63,16% de la población en estudio, percibe aumento en el tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del SIT, mientras que el 20,30% reflejan una disminución. Y con una menor participación porcentual del 0,38% del total de la población establecen que el tiempo se mantiene igual.

Tabla 10. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor número de transbordo con la implementación del Sistema Integrado Metro

Variable	Descripción	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada
Número de transbordo para tomar el transporte, con la implementación del Sistema Integrado Metro (SIT)	Aumentó	175	0,6579	175	0,6579
	Disminuyó	73	0,2744	248	0,9323
	Se mantiene igual	17	0,0639	265	0,9962
	No sabe no responde	1	0,0038	266	1,0000

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 10, se puede observar que el 69,79% de la población en estudio, evidencian aumento en el número de transbordo al tomar el transporte, después de la implementación del SIT, mientras que el 27,44% reflejan una disminución, el 6,39% afirman que no existen modificaciones. Y con una menor participación porcentual del 0,38% del total de la población no sabe no responde.

Tabla 11. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor costo del viaje con la implementación del Sistema Integrado Metro

Variable	Descripción	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada
Costo del viaje, con la implementación del Sistema Integrado Metro (SIT)	Aumentó	178	0,6692	178	0,6692
	Disminuyó	68	0,2556	246	0,9248
	Se mantiene igual	19	0,0714	265	0,9962
	No sabe no responde	1	0,0038	266	1,0000

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 11, se puede observar que el 66,92% de la población en estudio, evidencian aumento en el costo del viaje al tomar el transporte, después de la implementación del SIT, mientras que el 25,56% reflejan una disminución, el 7,14% afirman que no existen modificaciones. Y con una menor participación porcentual del 0,38% del total de la población contestaron no sabe/no responde.

Tabla 12. Análisis de frecuencias de la población en estudio, del factor costo del viaje con la implementación del Sistema Integrado Metro

Variable	Descripción	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia relativa acumulada
El modo de transporte que utilizó para ir al trabajo o estudio lo eligió por	Costo ó tiempo	181	0,6805	181	0,6805
	Experiencia de viaje	66	0,2481	247	0,9286
	Imitación a otra persona	17	0,0639	264	0,9925
	Inercia (costumbre)	2	0,0075	266	1,0000

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 12, se puede observar que el 68,05% de la población analizada, tuvo en cuenta el atributo de costo o tiempo para elegir el modo de transporte, mientras que el 24,81% la experiencia de viaje, el 6,39% afirman que la imitación a otras personas. Y con una menor participación porcentual del 0,75% del total de la población lo eligieron por inercia o costumbre.

Tabla 13. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables ocupación y modo de transporte más utilizado.

Ocupación	Modo de transporte más utilizado							Total
	A pie	Auto	Bus o colectivo	SIT	Transporte Informal	Moto	Taxi	
Ama de Casa	11	0	23	0	0	0	0	34
Desempleado	0	0	1	1	0	0	0	2
Empleado	0	15	14	69	1	16	21	136
Estudiante	0	0	17	11	0	1	0	29
Independiente	0	0	23	3	39	0	0	65
Total	11	15	78	84	40	17	21	266

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 13, se puede observar que el modo de transporte que más utilizan los empleados son el SIT y taxi, con una frecuencia absoluta de 69 y 21 respectivamente, mientras que el para los independientes la opción de transporte más usada es el informal y bus o colectivo, con una participación absoluta de 39 y 23 del total de los encuestados.

Tabla 14. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables ocupación y el tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del SIT.

Ocupación	El tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del sistema integrado Metro (SIT)				Total
	Aumentó	Disminuyó	Se mantiene igual	NS/NR	
Ama de Casa	23	0	0	11	34
Desempleado	1	1	0	0	2
Empleado	67	37	1	31	136
Estudiante	17	11	0	1	29
Independiente	60	5	0	0	65
Total	168	54	1	43	266

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 14, se puede observar que el impacto negativo sobre el aumento del tiempo de espera al tomar el transporte con la implementación del SIT, es percibido de manera representativa por los empleados e independiente con una frecuencia absoluta de 67 y 60 respectivamente, y en términos porcentuales equivalen al 25,19% y 22,56%. Mientras que 11 estudiantes del total de la muestra, tiene la percepción de la reducción del tiempo.

Tabla 15. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables ocupación y el número de transbordo, con la implementación del SIT.

Ocupación	El número de transbordo, con la implementación del sistema integrado Metro (SIT)				
	Aumentó	Disminuyó	Se mantiene igual	NS/NR	Total
Ama de Casa	34	0	0	0	34
Desempleado	0	2	0	0	2
Empleado	64	56	16	0	136
Estudiante	17	11	0	1	29
Independiente	60	4	1	0	65
Total	175	73	17	1	266

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 15, se puede observar que el impacto negativo sobre el aumento en el número de transbordo con la implementación del SIT, es percibido de manera representativa por los empleados, independientes y ama de casa con una frecuencia absoluta de 64, 60 y 34 respectivamente, y en términos porcentuales equivalen al 24,06%, 22,55% y 12,78%. Mientras que 11 estudiantes del total de la muestra, tiene la percepción de una disminución en el número de transbordo.

Tabla 16. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables nivel de ingresos y el modo de transporte más utilizado.

Nivel de ingresos	Modo de transporte más utilizado							Total
	A pie	Auto	Bus o colectivo	SIT	Transporte Informal	Moto	Taxi	
(Menor a \$ 644.350)	0	0	20	3	0	0	3	26
(\$644.351 a \$1.288.700)	11	0	41	79	40	15	1	187
(Mayor de \$1.288.700)	0	15	17	2	0	2	17	53
Total	11	15	78	84	40	17	21	266

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 16, se puede observar que las personas con ingresos inferiores a \$ 644.350 el modo de transporte más utilizado es bus o colectivo, con una frecuencia absoluta de 20 y porcentualmente equivale a 7,51%. Para los de ingresos ubicados en el rango de \$644.351 a \$1.288.700 el modo de más uso son:

SIT, Bus o colectivo y transporte informal con una frecuencia absoluta de 79, 41 y 40 respectivamente, y en términos porcentuales equivalen a 29,69%, 15,41% y 15,03%. Y por último se encuentran las personas con ingresos superiores a \$1.288.700 quienes prefieren y hacen usos intensivo de taxis y bus o colectivo con una participación porcentual igual para ambos modos de transporte del 6,39% y cabe resaltar la opción auto con un porcentaje del 5,63%.

Tabla 17. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables género y el modo de transporte más utilizado.

Género	A pie	Auto	Bus o colectivo	SIT	Transporte Informal	Moto	Taxi	Total
Femenino	11	0	56	80	0	1	20	168
Masculino	0	15	22	4	40	16	1	98
Total	11	15	78	84	40	17	21	266

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 17, se puede observar que de las población en estudio, los modos de transporte más usado por las mujeres las mujeres son el SIT, bus o colectivo y taxi, con frecuencias absolutas 80, 56 y 20 respectivamente y en términos porcentuales equivalen a 30,07%, 21,05% y 7,51%. Mientras que los hombres reflejan una preferencia por el transporte informal, bus o colectivo y motos, con 40, 22 y 16 respectivamente, y porcentualmente equivalen a 15,03%, 8,27% y 6,02%.

Tabla 18. Análisis de frecuencias absolutas correlacionadas entre las variables edad o grupo etario y el modo de transporte más utilizado.

Edad	A pie	Auto	Bus o colectivo	SIT	Transporte Informal	Moto	Taxi	Total
(18 a 24 años)	0	0	22	12	0	16	0	50
(25 a 35 años)	0	0	55	50	16	1	20	142
(36 a 51 años)	11	0	0	1	24	0	1	37
(Más de 51 años)	0	15	1	21	0	0	0	37
Total	11	15	78	84	40	17	21	266

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada

En la tabla 18, se puede observar que las personas con edades comprendidas entre los 18 y 24 años los modos de transporte más utilizados son bus o colectivo, motos y el SIT, con una frecuencia absoluta de 22, 16 y 12 respectivamente, y porcentualmente equivale a 8,27%, 6,02% y 4,51%. Para los de edades ubicados en el rango de 25 a 35 años el modo de más uso son: Bus o colectivo, SIT y taxi con una frecuencia absoluta de 55, 50 y 20 respectivamente, y en términos porcentuales equivalen a 20,67%, 18,79% y 7,51%. Mientras que las personas referenciadas en el rango de edades comprendido 36 a 51 años, el transporte informal es el más consumido con una frecuencia absoluta de 24, porcentualmente 9,02%. Y por último se encuentran las personas con edades superiores a 51 años, quienes declararon preferencia por el SIT y los autos, con una frecuencia absoluta de 21 y 15 respectivamente y en términos porcentuales equivalen a 7,89% y 5,63%.

3.2. Resultados del modelo

A continuación se presentarán los diferentes resultados dados por el modelo multinomial sobre la elección de los diferentes modos de transporte para la cuenca tres de Medellín. La información que alimenta el modelo está recolecta a través de la encuesta ver anexo B, en este instrumento se especifican los medios objetos de estudio, que para este caso son: Bus o colectivo, Sistemas de Transporte Masivo (SIT), Taxi, motos, autos y transporte informal. Y que posteriormente se harán el análisis con base en el supuesto de que la variable categórica de interés sigue una distribución Multinomial, utiliza el método de Máxima Verosimilitud para estimar las probabilidades asociadas a cada elección, dadas las características particulares de los individuos o los atributos de las elecciones, resumidas en los regresores.

Los siguientes resultados arrojados por el modelo, fueron obtenidos por la utilización del programa estadístico R, a través de la programación y codificación

en el respectivo paquete, se encuentran, los coeficientes relativos, los errores estándares, las probabilidades y el Test de Wald con el fin de determinar la significancia estadísticas de las variables de análisis. Para este estudio se tienen:

3.2.1. Resultado de elección del modo de transporte Bus o colectivo

A continuación se presenta el resultado arrojado por el modelo multinomial, donde se especifican las diferentes variables relacionadas con la elección del modo de transporte Bus o colectivo, entre las que se encuentran: Ocupación, género, nivel de escolaridad, grupo etario, nivel de ingresos, nivel de inercia, de experiencia, imitación y costo – tiempo. Además de lo anterior se muestran los criterios estadísticos de validación tales como: coeficientes relativos de las variables, errores estándares, cocientes entre probabilidades (CP) y el test de Wald. Y se evidencia en la Tabla 19.

Tabla 19. Determinantes de la elección para el modo de transporte Bus o colectivo

	Coeficiente	Errores Estándar	Probabilidad	Test de Wald
Intercepto	15.935.610	722.740.826	1,61E+75	2,75E+04
Desempleado	-65.389.247	NaN	4,00E-23	NaN
Empleado	-8.751.300	8,08E+07	1,58E+02	0.9137557
Estudiante	-82.741.702	4,78E+05	1,16E-30	0
Independiente	-9.699.584	8,54E+06	6,13E+01	2,56E+05
Masculino	44.691.519	846.576.189	2,57E+25	1,30E-01
25-35	-4.654.124	7,35E+07	6,13E-15	5,27E+05
36-51	-15.323.842	2,20E-10	2,81E-61	0
">51"	-12.573.919	1,54E+06	2,47E-49	0

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

Bus o colectivo	Profesional	-6.668.620	8,12E+07	1,09E-23	0.4114364
	Tecnólogo	-71.677.095	7,38E+06	7,43E-26	0.000000e+00
	Ingresos B	-4.650.023	7,51E+06	6,39E-15	5,84E-04
	Ingresos C	-3.400.718	8,13E+07	1,70E-09	0.6757655
	Elección. Inercia	849.899.313	1,54E+06	8,14E+42	0.000000
	Elección. Experiencia	56.658.683	7,45E+06	4,04E+30	2,86E-08
	Elección. Imitación	-6.346.140	5,15E-06	2,75E-22	0
	Elección. Costo-Tiempo	8.116.889	8,13E+07	1,78E+41	0.3178199

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada y a la bibliografía referenciada.

Teniendo en cuenta los anteriores resultados se puede determinar las siguientes características de los decisores de bus o colectivo.

Con relación al atributo por elección de experiencia, inercia y la imitación, se observa que son estadísticamente significativo dado el test de Wald con un valor de **2,86E-08**, 0.000000 y 0 respectivamente, además tienen un alto impacto a la hora de la elección de este medio. Mientras que el atributo costo o tiempo presentan un bajo nivel de significancia estadística como lo evidencia el valor del test de Wald con 0.3178199, esto a su vez, revela que los individuos analizados en la cuenca tres de Medellín, no realizan un proceso deliberado para la elección de este medio de transporte, con respecto a la variable costo-tiempo.

Desde la categoría estudiantes, tecnólogos y personas de edades avanzadas, con ingresos medios son los más propensos a elegir este medio de transporte, como lo soporta el modelo que genera unos resultados para el test de Wald de 0, 0.000000e+00, 0 y 5,84E-04 respectivamente.

3.2.2. Resultado de elección del modo de transporte para el Sistema Integrado de Transporte (SIT)

A continuación se presenta el resultado arrojado por el modelo multinomial, donde se especifican las diferentes variables relacionadas con la elección del modo de transporte SIT, entre las que se encuentran: Ocupación, género, nivel de escolaridad, grupo etario, nivel de ingresos, nivel de inercia, de experiencia, imitación y costo – tiempo. Además de lo anterior se muestran los criterios estadísticos de validación tales como: coeficientes relativos de las variables, errores estándares, cocientes entre probabilidades (CP) y el test de Wald. Y se evidencia en la Tabla 20.

Tabla 20 Determinantes de la elección para el modo de transporte del SIT

		Coficiente	Errores Estándar	Probabilidad (CP)	Test de Wald
SIT	Intercepto	-8.797.092	730.439.292	6,23E-33	2,28E+05
	Desempleado	169.246.557	NaN	3,18E+79	NaN
	Empleado	91.935.724	8,12E+07	8,46E+45	0.2574810
	Estudiante	106.892.766	4,78E+05	2,65E+52	0
	Independiente	89.379.932	8,16E+06	6,56E+44	0.000000e+00
	Masculino	43.509.065	846.706.131	7,87E+24	2,77E-01
	25-35	-4.568.618	7,35E+07	1,44E-14	5,34E+05
	36-51	-8.359.764	1,31E+05	4,94E-31	0
	" +51"	-6.013.948	1,14E+00	7,62E-21	0
	Profesional	4.177.895	8,08E+07	1,39E+24	0.6051287
	Tecnólogo	39.214.931	7,77E+06	1,07E+23	4,47E-01
	Ingresos B	4.351.607	7,89E+06	7,92E+24	3,50E-02

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

Ingresos C	5.689.628	8,09E+07	5,13E+30	0.4820025
Elección. Inercia	- 114.343.483	2,36E-09	1,08E+01	0.000000
Elección. Experiencia	3.133.893	7,84E+06	2,30E+07	6,89E+05
Elección. Imitación	-10.717.603	6,06E-02	2,84E-41	0
Elección. Costo- Tiempo	2.750.556	8,09E+07	8,82E+17	0.7337639

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada y a la bibliografía referenciada.

El atributo de una persona independiente “a diferencia de los que eligen el bus o colectivo” es estadísticamente significativo en la elección de este medio de transporte con un valor del test de Wald de 0.000000e+00. Las características de los agentes para la elección de este modo de transportes no son muy diferentes a la del bus o colectivo, es decir, las personas estadísticamente no consideran el costo y el tiempo como determinantes para la elección (test de Wald es 0.7337639), mientras que la inercia y la imitación son fundamentales (test de Wald 0.000000 y 0 respectivamente).

Como se denota de los resultados anteriores arrojados por el modelo multinomial y la comparación de los modos de elección de transporte SIT y bus o colectivo, presentan una convergencia en gran parte de los atributos, pero en el escenario en que los agentes tengan a sus disposición estas dos alternativas de elección con condiciones similares (espacio, tiempo y costo), los individuos tienden a preferir en general el SIT, debido a que la magnitud del exponente de los coeficientes o la probabilidad de elección es más alta 1,07E+23 con relación a los tecnólogos (80% de los encuestado) en los SIT, que esta misma categoría de tecnólogos en el medio de transporte bus o colectivo con un 7,43E-26 y a su

vez, se respalda la coherencia o la garantía con la importancia relativa que tiene este atributo del 39.214.931 , para tecnólogos en los SIT, mientras que para el modo de transporte bus o colectivo es -71.677.095.

Después de haber analizado los modos de transporte del SIT y Bus o colectivo, de forma individual es necesario entrar a estudiar micro-económicamente la relación existente dada entre la implementación del SIT y el aumento significativo del transporte informal según el resultado del experimento del grupo focal realizado en la cuenca tres y teniendo en cuenta a la explicación de Juan Gonzalo Merino, director ejecutivo de la Asociación de Transporte de Colectivo del Valle de Aburrá (Asotransvaa) , unos “75.000 pasajeros se pasaron al transporte informal. Esa cifra tiene una explicación: en Belén, Aranjuez y Manrique, 670 buses salieron de circulación en el 2013, e ingresaron 270 vehículos de las rutas alimentadoras. De acuerdo con el análisis de Merino, los 670 vehículos que desaparecieron movilizaban 205.000 usuarios cada día, pero las rutas que los reemplazaron movilizan 126.000”. “Hay una diferencia de 79.000 pasajeros. Esos fueron los que captaron los informales”, advirtió el director (El TIEMPO, 2015).

Además de lo anterior, para el año 2014, la Secretaría de Movilidad, inmovilizó 727 vehículos de transporte informal e impartió 1.400 sanciones económicas por esa infracción. En lo corrido del año, van 287 carros inmovilizados y 193 multas, casi 100 más que en el mismo periodo de 2014 (Secretaría de Movilidad de Medellín, 2015) .En este sentido, se le da prelación al análisis exhaustivo del transporte informal.

3.2.3. Resultado de elección del modo de transporte informal

En esta lógica se evidencia el resultado arrojado por el modelo multinomial, donde se especifican las diferentes variables relacionadas con la elección del modo de transporte Informal, entre las que se encuentran: Ocupación, género, nivel de escolaridad, grupo etario, nivel de ingresos, nivel de inercia, de experiencia, imitación y costo – tiempo. Además de lo anterior se muestran los criterios estadísticos de validación tales como: coeficientes relativos de las variables, errores estándares, cocientes entre probabilidades (CP) y el test de Wald. Y se evidencia en la Tabla 21.

Tabla 21. Determinantes de la elección para el modo de transporte Informal.

	Coefficiente	Errores Estándar	Probabilidad	Test de Wald
Intercepto	-7.428.980	152.130.359	5,45E-27	1,04E+00
Desempleado	1.902.783	1,47E-49	6,70E+06	0
Empleado	-37.235.155	1,14E-01	6,74E-11	0.0000000
Estudiante	-28.837.745	5,99E-12	2,99E-07	0
Independiente	69.098.375	1,52E+07	1,02E+36	5,57E+00
Masculino	97.089.410	1.521.303.587	1,46E+48	1,75E-04
25-35	8.004.147	1,52E+07	5,78E+40	1,43E-01
36-51	6.620.130	6,27E-02	5,63E+34	0
">51"	7.056.882	1,37E-09	4,44E+36	0
Profesional	3.574.098	3,03E-01	3,33E+21	0.0000000
Tecnólogo	-11.338.562	1,52E+07	1,19E+01	4,56E+05
Ingresos B	-1.469.997	1,52E+07	4,13E-01	3,34E+05

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

Transporte Informal	Ingresos C	-8.334.317	3,28E-01	6,38E-31	0.0000000
	Elección. Inercia	-580.177.363	1,37E-09	6,36E-20	0.0000000
	Elección. Experiencia	-56.639.429	1,52E+07	2,52E-19	1,97E+02
	Elección. Imitación	6.400.248	1,28E-01	6,25E+33	0
	Elección. Costo-Tiempo	-2.363.512	4,89E-02	5,44E-05	0.0000000

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada y a la bibliografía referenciada.

A diferencia de la elección del modo de transporte del bus o colectivo y el SIT, en este escenario entran a jugar otros actores como: empleados, desempleados, profesionales y personas de altos ingresos que presentan una significancia estadística sobre la elección de este modo. Una posible explicación sobre por qué las personas de “bajos ingresos”, no son tan representativas para este modo o decisión es al no poseer alta capacidad adquisitiva prefieren sacrificar el tiempo de traslado por ahorrar dinero, mientras que para las personas con más altos ingresos están dispuestos a pagar por usar este medio (informal), para ahorrar tiempo y desgastes físicos. Con relación al atributo de la elección del modo, se denota un alto nivel de significancia estadística en coherencia con el test de Wald de 0.0000000 para la selección por imitación y respaldado por la importancia relativa del atributo con un valor de 6.400.248.

Teniendo en cuenta el resultado general del modelo, existe una preferencia por el SIT, en comparación con el modo de transporte bus o colectivo, bajo el supuesto de que los atributos y rasgos de costo, tiempo y accesibilidad sean similares. Pero desde la óptica del transporte informal existe una marcada preferencia en la actualidad por la elección de este modo, como instrumento de conexión o alimentador del SIT, aumentando la cobertura y disminuyendo los tiempos de transporte de algunas zonas.

3.2.4. Resultado de elección del modo de transporte para el modo auto

Dentro de la población objeto de estudio, no es muy significativo el uso de éste medio de transporte debido al nivel de ingresos medios y bajos que los caracterizan. Pero desde el concepto micro-económico, es necesario presentar el resultado arrojado por el modelo multinomial, donde se especifican las diferentes variables relacionadas con la elección del modo de transporte auto, entre las que se encuentran: Ocupación, género, nivel de escolaridad, grupo etario, nivel de ingresos, nivel de inercia, de experiencia, imitación y costo – tiempo. Además de lo anterior se muestran los criterios estadísticos de validación tales como: coeficientes relativos de las variables, errores estándares, cocientes entre probabilidades (CP) y el test de Wald. Y se evidencia en la Tabla 22.

Tabla 22. Determinantes de la elección para el modo de transporte Auto.

		Coficiente	Errores Estándar	Probabilidad	Test de Wald
Auto	Intercepto	-2.159.409	0.0970154	4,19E-04	0.000000e+00
	Desempleado	-7.817.739	NaN	4,03E+02	NaN
	Empleado	5.149.544	9,71E+04	1,72E+08	0.0000000
	Estudiante	8.038.982	NaN	3,10E+09	NaN
	Independiente	-43.894.997	3,54E+01	8,64E-14	0.000000e+00
	Masculino	84.530.242	0.09701544	5,14E+42	0.000000e+00
	25-35	4.126.137	3,58E+01	8,31E+23	0.000000e+00
	36-51	-4.845.990	NaN	9,00E-16	NaN

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

"+51"	4.286.364	5,43E+00	4,13E+24	0
Profesional	-1.579.277	4,08E+01	1,38E-01	0.0000000
Tecnólogo	-4.599.459	9,71E+04	1,01E+04	0.000000e+00
Ingresos B	-2.955.816	4,57E-01	1,46E-07	0.000000e+00
Ingresos C	2.856.960	9,70E+04	2,56E+18	0.0000000
Elección. Inercia	-76.876.246	9,04E-38	4,58E+02	0.000000
Elección. Experiencia	-1.013.048	4,08E+01	3,63E+05	0.000000e+00
Elección. Imitación	-1.700.663	9,71E+04	4,11E-02	0
Elección. Costo-Tiempo	411.322	4,57E-01	6,11E+07	0.0000000

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada y a la bibliografía referenciada.

El atributo de costo y tiempo es estadísticamente significativo en la elección de este medio de transporte con un valor del test de Wald de 0.0000000 y una probabilidad alta de 6,11E+07. Además se observa que las personas con ingreso más altos y de género masculino tienden a elegir el modo de transporte auto, como lo evidencia el alto valor del coeficiente relativo de la variable masculino 84.530.242 y la probabilidad de elección que tiene los ingresos altos 2,56E+18 y su respectivo test de Wald 0.0000000. Con relación al atributo por elección de experiencia e imitación, se observa que son estadísticamente significativo dado el test de Wald con un valor de 0.000000e+00y 0 respectivamente, por lo que tienen un alto impacto a la hora de la elección de este medio.

3.2.5. Resultado de elección del modo de transporte moto

A continuación se presenta el resultado arrojado por el modelo multinomial, donde se especifican las diferentes variables relacionadas con la elección del modo de transporte moto, entre las que se encuentran: Ocupación, género, nivel de escolaridad, grupo etario, nivel de ingresos, nivel de inercia, de experiencia, imitación y costo – tiempo. Además de lo anterior se muestran los criterios estadísticos de validación tales como: coeficientes relativos de las variables, errores estándares, cocientes entre probabilidades (CP) y el test de Wald. Y se evidencia en la Tabla 23.

Tabla 23 Determinantes de la elección para el modo de transporte Moto.

		Coefficiente	Errores Estándar	Probabilidad	Test de Wald
Moto	Intercepto	-2.317.643	2.403.798.245	8,60E-05	9,23E+05
	Desempleado	-1.117.821	2,03E-48	3,27E+05	0
	Empleado	11.949.175	2,40E+08	1,55E+11	0.9603409
	Estudiante	115.500.872	2,97E+00	1,45E+56	0
	Independiente	14.125.787	7,82E+04	1,36E+12	0.000000e+00
	Masculino	-40.337.355	0.09705981	3,03E-12	0.000000e+00
	25-35	5.066.472	2,40E+08	1,01E+28	8,33E+05
	36-51	-3.708.623	2,29E-21	7,83E-11	0
	">51"	2.199.247	1,03E-06	3,56E+15	0
	Profesional	-1.399.132	2,40E+08	8,39E-01	0.9535515
	Tecnólogo	-15.221.224	1,75E+05	2,45E-01	0.000000e+00
	Ingresos B	4.928.836	7,82E+04	2,54E+27	0.000000e+00

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

Ingresos C	8.524.213	2,40E+08	1,05E+43	0.7227921
Elección. Inercia	-50.488.250	1,16E-66	6,42E+03	c
Elección Experiencia	-56.065.399	7,82E+04	4,48E-19	0.000000e+00
Elección Imitación	7.923.823	9,71E+04	2,59E+40	0
Elección. Costo-Tiempo	-4.130.043	2,40E+08	1,16E-12	0.8634858

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada y a la bibliografía referenciada.

El atributo de imitación es estadísticamente significativo en la elección de este medio de transporte con un valor del test de Wald de 0 y una probabilidad alta de 2,59E+40. Además se observa que las personas con ingreso medios y los estudiantes tienden a elegir el modo de transporte moto, como lo evidencia el alto valor del coeficiente relativo de la variable estudiante 115.500.872 y la probabilidad de elección que tiene los ingresos medios 2,54E+27 y su respectivo test de Wald 0.000000e+00. Con relación al atributo por elección de experiencia e inercia, se observa que son estadísticamente significativo dado el test de Wald con un valor de 0.000000e+00y 0 para cada variable, y lo soporta los valores de la probabilidad de 4,48E-19 y 6,42E+03 respectivamente y por lo tanto tienen un alto impacto a la hora de la elección de este medio.

3.2.6. Resultado de elección del modo de transporte taxi

A continuación se presenta el resultado arrojado por el modelo multinomial, donde se especifican las diferentes variables relacionadas con la elección del modo de transporte taxi, entre las que se encuentran: Ocupación, género, nivel de escolaridad, grupo etario, nivel de ingresos, nivel de inercia, de experiencia, imitación y costo – tiempo. Además de lo anterior se muestran los criterios estadísticos de validación tales como: coeficientes relativos de las variables, errores estándares, cocientes entre probabilidades (CP) y el test de Wald. Y se evidencia en la Tabla 24.

Tabla 24. Determinantes de la elección para el modo de transporte Taxi.

Taxi		Coficiente	Errores Estándar	Probabilidad	Test de Wald
	Intercepto	2.006.337	797.526.949	5,17E+14	8,01E+05
	Desempleado	-20.770.080	1,55E-32	9,54E-04	0
	Empleado	40.212.259	7,82E+07	2,91E+23	0.6071556
	Estudiante	- 117.863.068	3,07E-18	6,50E-46	0
	Independiente	69.839.468	1,54E+06	2,14E+36	0.000000e+00
	Masculino	2.162.731	167.057.396	8,69E+06	1,95E+05
	25-35	-1.021.959	7,81E+07	3,64E+01	8,96E+05
	36-51	2.827.622	1,31E+05	1,91E+18	0
	">51"	4.441.704	1,54E+06	1,95E+25	0
	Profesional	8.147.458	7,82E+07	2,42E+41	0.2975501

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

Tecnólogo	-40.080.808	6,58E+00	3,92E-12	0.000000e+00
Ingresos B	-7.871.376	2,37E+05	6,53E-29	0.000000e+00
Ingresos C	-8.149.767	7,80E+07	4,04E-30	0.2959500
Elección. Inercia	0.9889666	1,54E+06	2,69E+06	0.520676
Elección. Experiencia	-59.560.530	1,31E+05	1,36E-20	0.000000e+00
Elección. Imitación	4.139.527	3,15E-10	9,50E+23	0
Elección. Costo-Tiempo	3.723.966	7,81E+07	1,49E+22	0.6334132

Fuente: elaboración propia con base a la encuesta realizada y a la bibliografía referenciada.

El atributo de imitación es estadísticamente significativo en la elección de este medio de transporte con un valor del test de Wald de 0 y una probabilidad alta de 9,50E+23. Además se observa que las personas con edades superiores a 51 años y los independientes tienden a elegir el modo de transporte taxi, como lo evidencia el alto valor del coeficiente relativo de la variable edad mayor de 51 años 4.441.704 y la probabilidad de elección que tiene los independientes 2,14E+36 y su respectivo test de Wald 0.000000e+00. Con relación al atributo por elección de experiencia, se observa que son estadísticamente significativo dado el test de Wald con un valor de 0.000000e+00, y lo soporta el valor de la probabilidad de 9,50E+23 y por lo tanto tienen un impacto a la hora de la elección de este medio.

3.3. Medidas de bondad de ajuste del modelo

Teniendo en cuenta las explicaciones teóricas y referenciadas anteriormente en el capítulo 2. En la sección 2.5.4. , donde se especifica la estructura, el cálculo y el análisis estadístico de los diferentes resultados del R – cuadrado expuesto: McFadden, Cox & Snell y Nagelkerke, quienes han contribuido de manera significativa al uso de herramientas estadística para los modelos de elección discreta Logit (Regresión Multinomial), y en coherencia con el modelo usado para esta investigación, A continuación se muestran los resultados de los R-cuadrados arrojados por el modelo.

Para el caso del R^2 de McFadden se tiene:

$$RV = ICV = 1 - \frac{\log L}{\log L(0)} \quad (18)$$

McFadden pseudo $R^2 = 0.8545158$

Según el resultado anterior se observa que las variables incluidas en el modelo de elección del modo de transporte son significativas, es decir, la estimación de los parámetros b mejora el error que se comete si dichos parámetros toman valores alejados de 0. Ó como se evidencia que la variabilidad del modelo de elección de transporte es explicada en un 85.45% por las variables analizadas, un valor alto que aproxima el ratio de verosimilitud calculado al valor 1.

Para el caso del R^2 de Cox & Snell se tiene:

$$R^2 = 1 - \left\{ \frac{L(M_{intercept})}{L(M_{Full})} \right\}^{\frac{2}{N}} \quad (19)$$

Cox & Snell $R^2 = 0.9432458$

Para el caso del R^2 de Nagelkerke se tiene:

$$R^2 = \frac{1 - \left\{ \frac{L(M_{intercept})}{L(M_{Full})} \right\}^{\frac{2}{N}}}{1 - L(M_{intercept})^{\frac{2}{N}}} \quad (20)$$

Nagelkerke $R^2 = 0.9772772$

Como el valor de los R^2 Cox & Snell y de Nagelkerke son: **0.9432458** y **0.9772772** respectivamente altos, es usual decir que la parte de la variable dependiente explicada por el modelo de elección de transporte oscila entre la R-cuadrado de Cox y Snell y la R-cuadrado de Nagelkerke. Con valores altos superiores al 94% para ambas medidas, por tanto el modelo es explicativo, es decir, las variables independientes explican la variable dependiente.

4. Análisis de los problemas causa – efecto bajo la lógica de la matriz de Vester

Después de haber analizado las diferentes variables y resultados extraídos de las encuestas y principalmente del grupo focal, sobre el tema de análisis microeconómico del sector transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín. Se busca en esta sección mostrar de manera sistemática los diferentes problemas, causas y alternativas de solución que se pueden implementar la zona objeto de estudio. Bajo el uso y la lógica de la matriz de Vester, este instrumento facilita la identificación de la problemática con mayor impacto en el campo a aplicar (Vester, 1997).

A continuación se explica el paso a paso de cómo se hace el uso de esta metodología, para poder ver los problemas actuantes y sus respectivas causas.

1. Con la ayuda de los 15 integrantes del grupo focal y bajo la moderación del autor de la investigación, se empiezan a enlistar los diferentes problemas percibidos y vividos en la cuenca tres, con relación al transporte masivo y colectivo. Éstos a su vez, están enmarcados a las variables principales del estudio. Después de haber utilizado la técnica de lluvia de idea para determinar los principales problemas disertados se encontraron 15 problemas, los cuales son listados a continuación:

- Falta de buses
- Aumento de la informalidad en el transporte.
- Reducción de rutas.
- Incremento en el tiempo de viaje.
- Incremento de transbordo.

- Aumento de hurtos.
 - Incremento en la accidentabilidad por parte las motos.
 - Reducción del confort.
 - Incremento en distancias andadas a pie.
 - Incremento en el costo de viajes.
 - Incremento en pagos informales (vacunas).
 - Incremento en el tiempo de espera.
 - Incremento en el desempleo.
 - Reducción del patrimonio.
2. Con la anterior lista de problemas referenciados por el grupo focal y a través de la técnica del consenso se hace un tamizaje o reducción de dicha lista, con el fin de establecer los problemas más relevantes entre todos los identificados, llegando a 11 ítems, a los cuales se les asignó un código alfanumérico, tal como se presenta a continuación:

$P_1 =$ *Falta de buses*

$P_2 =$ *Aumento de la informalidad en el transporte*

$P_3 =$ *Reducción de rutas*

$P_4 =$ *Incremento en el tiempo de viajes*

$P_5 =$ *Incremento de transbordo*

$P_6 =$ *Aumento de hurtos*

$P_7 =$ *Incremento en la accidentabilidad por parte de las motos*

$P_8 =$ *Reducción del confort*

$P_9 =$ *Incremento en el costo del viaje*

$P_{10} =$ *Incremento en el tiempo de espera*

$P_{11} =$ *Incremento en el desempleo.*

3. Con la categorización de los problemas en términos alfa numéricos, se procede a construir la matriz ubicando los problemas por filas y por columnas siguiendo el mismo orden.
4. Asignar una valoración de orden categórico al grado de causalidad que merece cada problema con cada uno de los demás, siguiendo las siguientes pautas:
 - No es causa (cero) 0
 - Es causa indirecta 1
 - Es causa medianamente directa 2
 - Es causa muy directa 3
5. Una vez establecidos las diferentes asignaciones de causalidad, se procede a llenar la matriz con los valores señalados anteriormente y obedece al siguiente planteamiento: ¿Qué grado de causalidad tiene el problema 1 sobre el 2?, sobre el 3?...sobre el N-ésimo, hasta completar cada fila en forma sucesiva y llenar toda la matriz. Teniendo en cuenta, que las celdas correspondientes a la diagonal de la matriz quedan vacías puesto que no se puede relacionar la causalidad de un problema consigo mismo.

Es importante aclarar que la valoración dada a la relación entre un problema con el otro se obtiene del consenso de los criterios de los integrantes del grupo foco que están participando, a continuación se presenta los resultados en la Tabla 25.

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

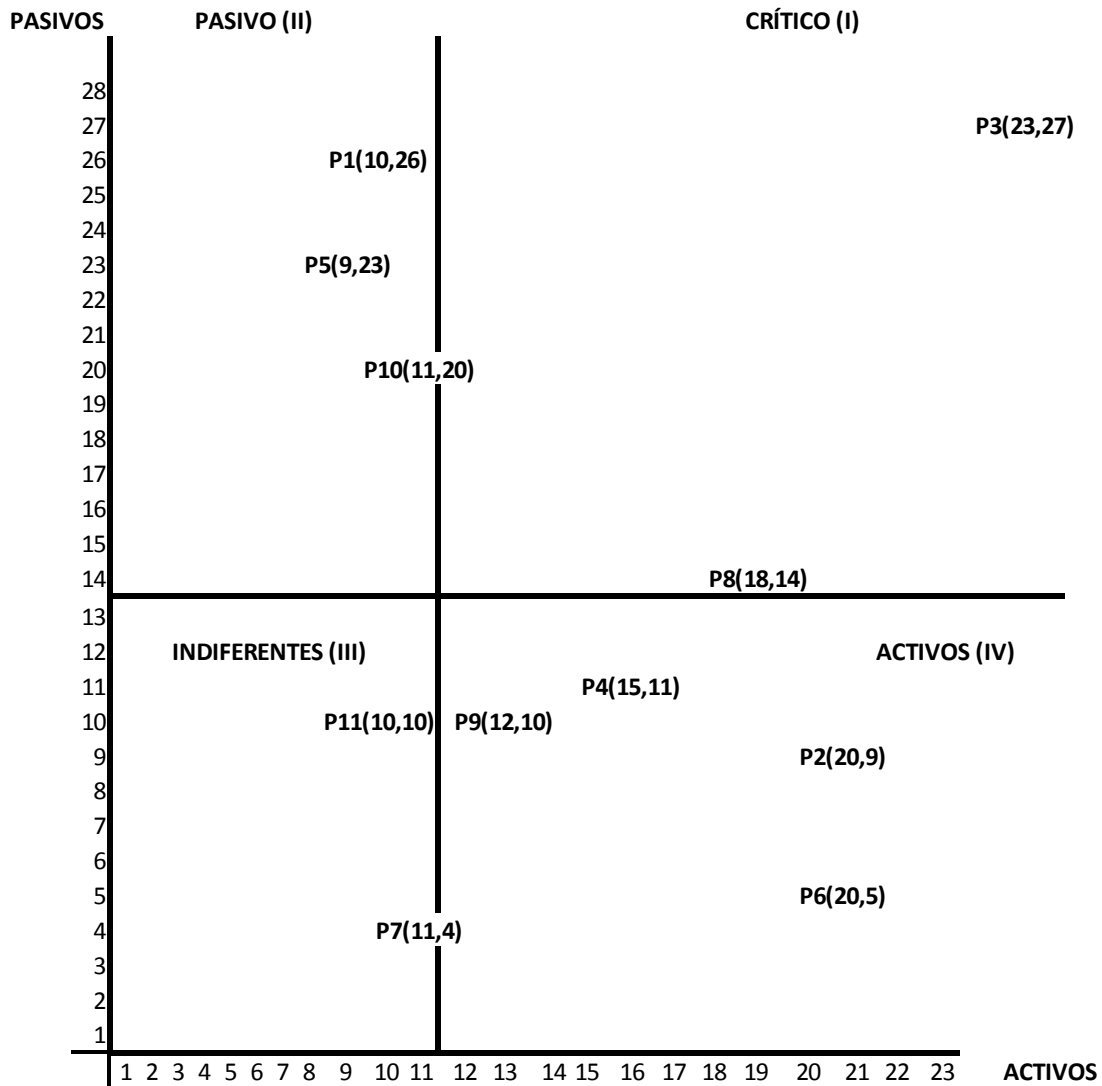
Tabla 25. Ponderaciones de causa y efecto de los diferentes problemas analizados

MATRIZ DE VESTER													
"Análisis Microeconómico sobre el Transporte Masivo y Colectivo en la Cuenca tres de Medellín"													
N _o	Descripción de los problemas	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	Total de Activos
P ₁	Falta de buses		1	3	1	1	0	0	1	1	1	1	10
P ₂	Aumento de la informalidad en el transporte.	3		3	3	3	0	0	2	2	3	1	20
P ₃	Reducción de rutas.	2	3		1	3	2	3	3	2	2	2	23
P ₄	Incremento en el tiempo de viajes.	3	0	3		3	0	1	1	0	3	1	15
P ₅	Incremento de transbordo.	3	0	3	0		0	0	1	0	1	1	9
P ₆	Aumento de hurtos.	3	2	3	2	3		0	1	0	3	3	20
P ₇	Incremento en la accidentabilidad por parte las motos.	0	1	1	0	1	1		2	3	2	0	11
P ₈	Reducción del confort.	3	1	3	2	3	1	0		1	3	1	18
P ₉	Incremento en el costo de viajes.	3	0	3	1	3	0	0	1		1	0	12
P ₁₀	Incremento en el tiempo de espera.	3	0	3	1	3	0	0	1	0		0	11
P ₁₁	Incremento en el desempleo.	3	1	2	0	0	1	0	1	1	1		10
	Total de Pasivos	26	9	27	11	23	5	4	14	10	20	10	

Fuente: elaboración propia con base a la información del grupo focal

6. Clasificación de los problemas de acuerdo a las características de causa efecto de cada uno de ellos. (Ubicación en un eje de coordenadas)

Figura 10. Problemas y sus causas según la matriz de Vester.



Fuente: elaboración propia con base a la información del grupo focal

7. Interpretación de cada cuadrante.

En **el cuadrante I** se encuentran los problemas críticos, presentan altos totales de activo y pasivo. Se entienden como problemas de gran causalidad y son causados por gran parte de lo demás, los resultados finales dependen en gran medida de ellos, por lo que debemos tener cuidado en su análisis; dentro de ellos tenemos:

$P_3 =$ Reducción de rutas

$P_8 =$ Reducción del confort

En **el cuadrante II** se encuentran los problemas pasivos, presentan altos totales de pasivo y total activo bajo. Se entienden como problemas sin gran influencia causal sobre los demás pero que son causados por la mayoría. En este cuadrante tenemos:

$P_1 =$ Falta de buses

$P_5 =$ Incremento de transbordo

$P_{10} =$ Incremento en el tiempo de espera

En **el cuadrante III** se encuentran los problemas indiferentes, presentan bajos totales de pasivo y activo. Su influencia es baja, causal además que no son causados por la mayoría de los demás. Son problemas de baja prioridad dentro del sistema analizado; dentro de ellos tenemos:

$P_7 =$ Incremento en la accidentabilidad por parte de las motos

$P_{11} =$ Incremento en el desempleo.

En **el cuadrante IV** se encuentran los problemas Activos; presentan alto total de activos y bajo total pasivo. Son problemas de alta influencia sobre la mayoría de los restantes pero que no son causados por otros; dentro de ellos tenemos:

$P_2 =$ *Aumento de la informalidad en el transporte*

$P_4 =$ *Incremento en el tiempo de viajes*

$P_6 =$ *Aumento de hurtos*

$P_9 =$ *Incremento en el costo del viaje*

8. Jerarquizar los problemas.

Después de haber relacionado cada uno de los problemas y sus respectivas causas, mediante la categorización y representación en los cuadrantes, se procede a jerarquizar cada uno de ellos, con el fin posterior de realizar el árbol de objetivos.

Figura 11. Árbol de problemas

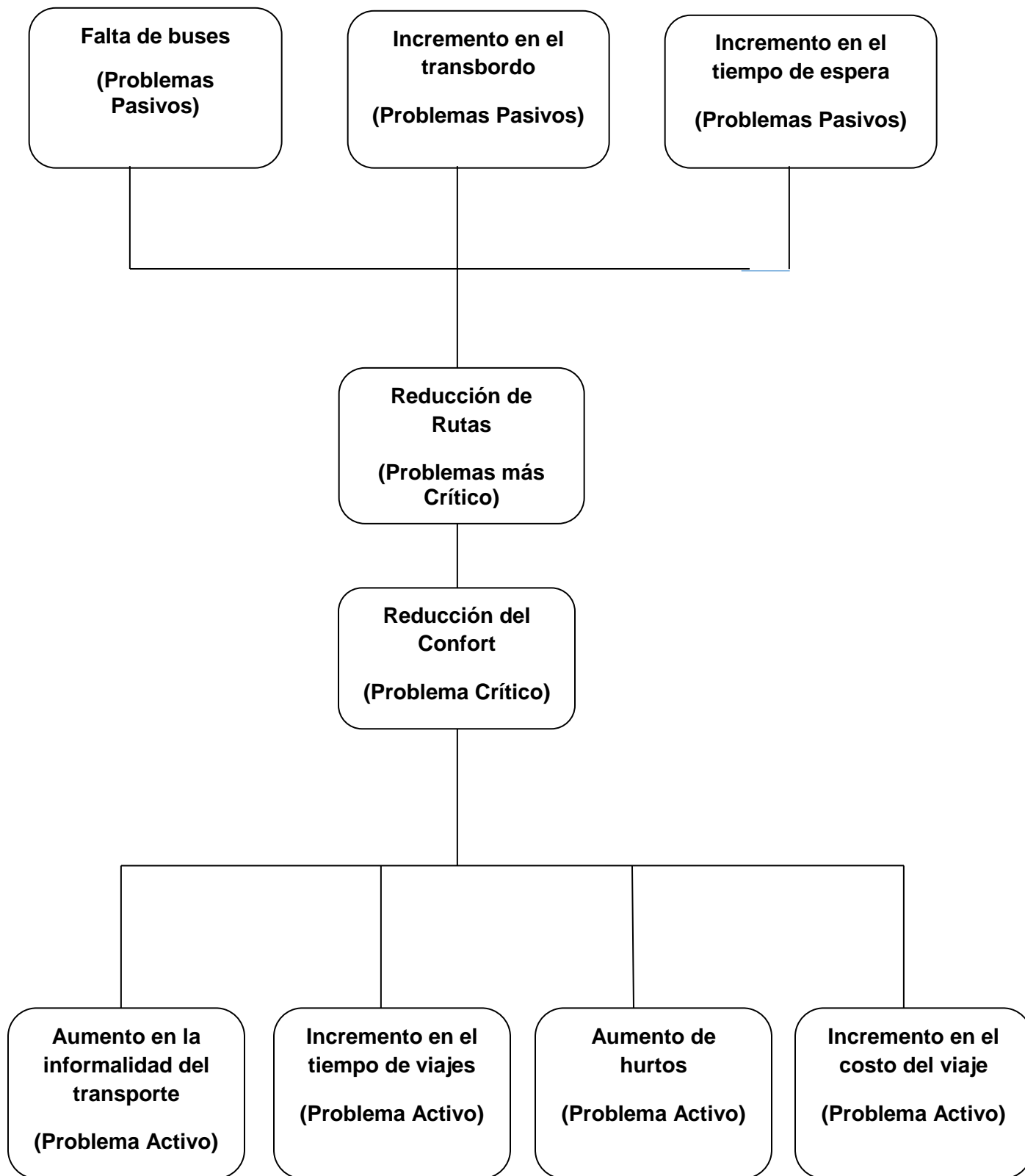
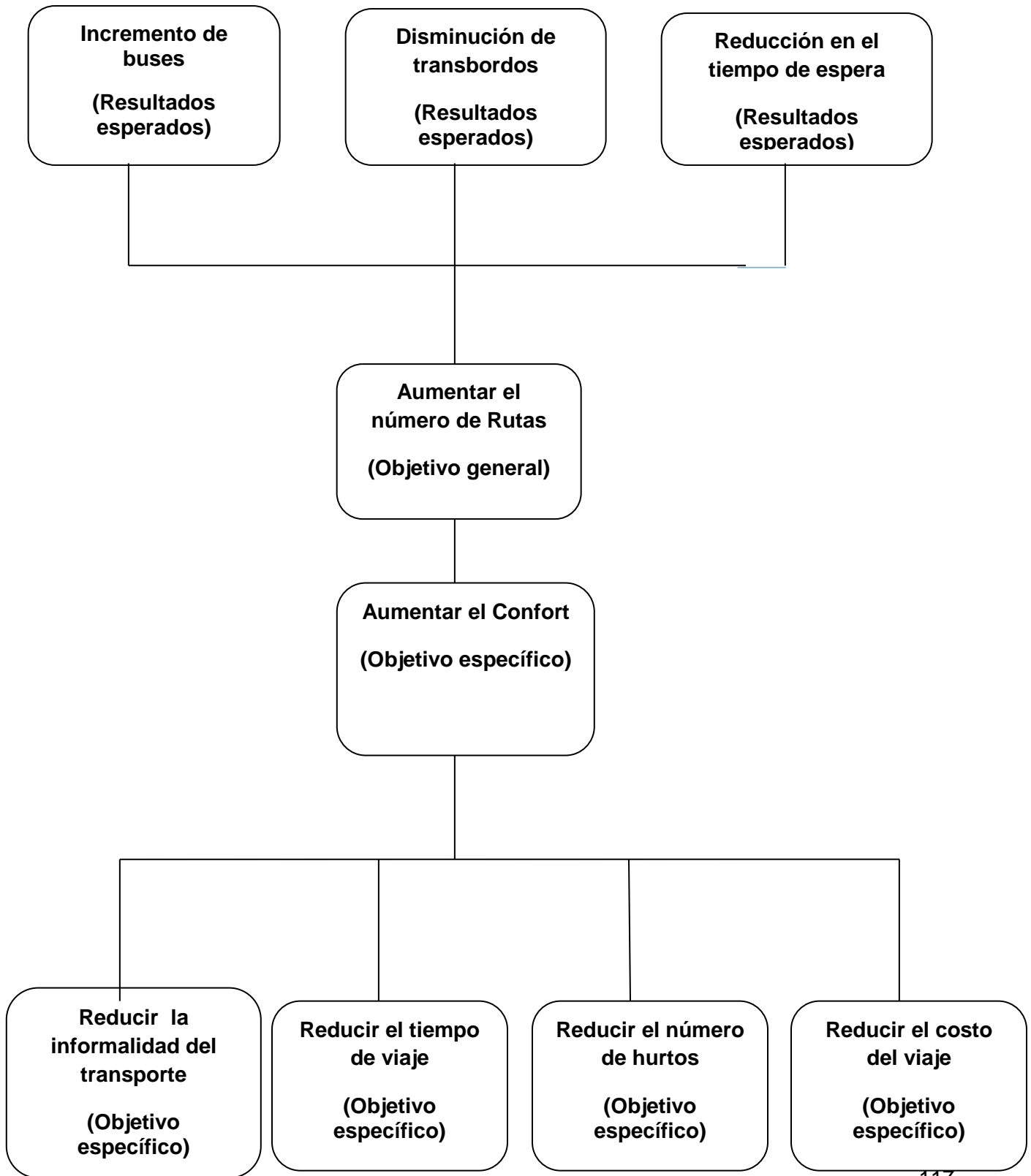


Figura 12. Árbol de objetivos



El árbol del problema y el árbol de objetivos son elaborados con la información y los insumos obtenidos por el grupo focal. Y de éste análisis se origina una propuesta fundamental que sería Buscar una complementariedad entre los buses o colectivos y el SIT, a través de un aumento en la amplitud o cobertura, para reducir costos y tiempos comparados con el sector informal y mejorar las condiciones de desplazamiento de la zona.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones producto de la investigación, en el sentido de los hallazgos y las interpretaciones de un trabajo cuantitativo y práctico que integra variables económicas y que permite modelar analíticamente la elección de un modo de transporte, considerando aspectos y características socioeconómicas, los atributos de las alternativas y considerando así la racionalidad limitada del usuario.

Para tal efecto en el desarrollo de la investigación se construyó un marco conceptual que permitiera generar unos referentes teóricos que soportan el problema de investigación relacionado con el realidad del objeto y el análisis efectuado, en los modelos de elección discreta con la aplicación de la racionalidad perfecta y sus hipótesis simplificadoras como: la homogeneidad de la población, que el individuo posee información simétrica de las alternativas y de los atributos y que siempre maximiza utilidades económicas. De ésta manera se pretendió dar respuestas a los interrogantes como: ¿Cómo modelar analíticamente la elección de un modo de transporte, considerando aspectos socioeconómicos, los atributos de las alternativas y la percepción de constructos, considerando racionalidad limitada del usuario? ¿Cómo integrar los resultados de la encuesta y las percepciones que influyen en la elección modal, a los modelos de elección discreta? ¿Cómo modelar la elección de un modo de transporte, considerando otros criterios distintos a la maximización de utilidades, como son algunas reglas de decisión basadas en inercia, aleatoriedad, experiencia, imitación, etc. considerando la racionalidad limitada del usuario?.

Del presente estudio se pueden extraer que la implementación del Sistema de Integrado de Transporte Masivo (*SITM*) Público de Pasajeros en la cuenca tres de la ciudad de Medellín, se ha constituido sin duda en un aporte fundamental en el logro de un mejor funcionamiento del transporte público permitiendo mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos en aspectos como la seguridad, el confort y el descongestionamiento vehicular.

En este caso de estudio se muestra que los individuos analizado reflejan una preferencia de uso para ir al trabajo o estudio por el modo de transporte del Sistema de Transporte Integrado (SIT) con una participación porcentual del 31,58 % del total de los encuestados, mientras que con una diferencia de frecuencia relativa no muy marcada se encuentra el modo de transporte bus o colectivo con 29,32%. En este sentido, la utilización sobre los medios de transporte a pie y en Auto, se da con una intensidad muy baja de tan solo el 4,14% y 5,64% respectivamente.

Observando los resultados del grupo focos y el análisis descriptivo de la encuesta, se percibe el ahorro en tiempo del viaje, como un beneficio positivo, que denota una la alta valoración que tiene el ahorro en tiempo de viaje para las personas, aun cuando sus tiempos de esperas sean mayores comparados con el sistema tradicional.

Se puede observar que de las población en estudio, los modos de transporte más usado por las mujeres son el SIT, bus o colectivo y taxi, con frecuencias absolutas 80, 56 y 20 respectivamente y en términos porcentuales equivalen a 30,07%, 21,05% y 7,51%, este se debe al grado de aversión al riesgo que caracteriza a las mujeres y por la percepción de seguridad y confort que para éstas representa el

uso del servicio. Mientras que los hombres reflejan una preferencia por el transporte informal, bus o colectivo y motos, con 40, 22 y 16 respectivamente, y porcentualmente equivalen a 15,03%, 8,27% y 6,02%, Una explicación a lo anterior, es debido a que los hombres se caracterizan por ser más arriesgados que el género opuesto.

Teniendo en cuenta los resultados extraídos del Modelo **de elección discreta Logit** (Regresión Multinomial) se determinó las siguientes características de los decisores de bus o colectivo. Con relación al atributo por elección de experiencia, inercia y la imitación, se observa que son estadísticamente significativo con relación test de Wald referenciado anteriormente y que tienen un alto impacto a la hora de la elección de este medio. Mientras que el atributo costo o tiempo presentan un bajo nivel de significancia estadística y esto a su vez, revela que los individuos analizados en la cuenca tres de Medellín, no realizan un proceso deliberado para la elección de este medio de transporte, con respecto a la variable costo-tiempo

Desde la categoría estudiantes, tecnólogos y personas de edades avanzadas, con ingresos medios son los más propensos a elegir este medio de transporte, como lo soporta el modelo que genera unos resultados para el test de Wald de 0, 0.000000e+00, 0 y 5,84E-04 respectivamente

El atributo de una persona independiente “a diferencia de los que eligen el bus o colectivo” es estadísticamente significativo en la elección de este medio de transporte. Las características de los agentes para la elección de este modo de transportes no son muy diferentes a la del bus o colectivo, es decir, las personas estadísticamente no consideran el costo como determinantes para la elección (test de Wald es 0.7337639), mientras que la inercia y la imitación son fundamentales (test de Wald 0.000000 y 0 respectivamente).

Como lo soporta los resultados arrojados por el modelo multinomial y la comparación de los modos de elección de transporte SIT y bus o colectivo, presentan una convergencia en gran parte de los atributos, pero en el escenario en que los agentes tengan a sus disposición estas dos alternativas de elección con condiciones similares (espacio, tiempo y costo), los individuos tienden a preferir en general el SIT, debido a que la magnitud del exponente de los coeficientes o la probabilidad de elección es más alta $1,07E+23$ con relación a los tecnólogos (80% de los encuestado) en los SIT, que esta misma categoría de tecnólogos en el medio de transporte bus o colectivo con un $7,43E-26$ y a su vez, se respalda la coherencia o la garantía con la importancia relativa que tiene este atributo del 39.214.931, para tecnólogos en los SIT, mientras que para el modo de transporte bus o colectivo es -71.677.095.

Con la reducción de rutas y del número de bus colectivos en la cuenca tres, se puede observar según el resultado descriptivo de la encuesta el impacto negativo sobre el aumento en el número de transbordo con la implementación del SIT, es percibido de manera representativa por los empleados, independientes y ama de casa con una frecuencia absoluta de 64, 60 y 34 respectivamente, y en términos porcentuales equivalen al 24,06%, 22,55% y 12,78%. Mientras que 11 estudiantes del total de la muestra, tiene la percepción de una disminución en el número de transbordo.

Teniendo en cuenta el resultado general del modelo y el resultados del análisis de la matriz de Vester, existe una preferencia por el SIT, en comparación con el modo de transporte bus o colectivo, bajo el supuesto de que los atributos y rasgos de costo, tiempo y accesibilidad sean similares. Pero desde la óptica del transporte informal existe una marcada preferencia en la actualidad por la elección de este modo, como instrumento de conexión o alimentador del SIT, aumentando la cobertura y disminuyendo los tiempos de transporte de algunas zonas.

Con la reducción de rutas y del número de bus colectivos en la cuenca tres, se puede observar según el resultado descriptivo de la encuesta el impacto negativo sobre el aumento en el número de transbordo con la implementación del SIT, es percibido de manera representativa por los empleados, independientes y ama de casa con una frecuencia absoluta de 64, 60 y 34 respectivamente, y en términos porcentuales equivalen al 24,06%, 22,55% y 12,78%. Mientras que 11 estudiantes del total de la muestra, tiene la percepción de una disminución en el número de transbordo.

En las evaluaciones de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo disponibles en la cuenca tres, se observan impactos directos positivos, entre los que se encuentran la mejora significativa de la estructura urbana, el paisajismo y el embellecimiento vial, que a su vez generan externalidades positivas sobre los habitantes de la cuenca, en el aumento de la valorización de las propiedades cobijadas por el radio de acción de este sistema. Para el caso particular de la política social son menos evidentes.

5.2. Recomendaciones

Teniendo en cuenta que los Sistemas de Integrados de Transporte Masivos en Colombia, están un etapa de transición, es importante tomar medidas de cambios institucionales y legales como la descentralización y búsqueda constante de acciones que permitan solventar el flujo de caja de los operadores del sistema como medida urgente, para garantizar la viabilidad de los sistemas masivos y colectivos.

Generar directamente la integración completa entre Sistema Integrado de Transporte Masivo y el Transporte Público Colectivo, a través de la búsqueda de medidas que permitan el buen funcionamiento de éstos, sin tener que reducir o

eliminar el número de rutas y de buses, donde el comportamiento de los oferentes se dé en forma complementaria y no en forma de sustitutos

Asegurar que las alcaldías se empoderen de la reforma y controlen el desorden en el Transporte Público Colectivo: deben convertirse en actores activos de la planeación de las políticas del transporte urbano para que se empoderen del proceso. Además, el Gobierno Nacional debe acompañarlas en los procesos de implementación, de un lado, para que las entidades territoriales entiendan los beneficios del sistema integrado y la importancia de hacer la transición en la ciudad.

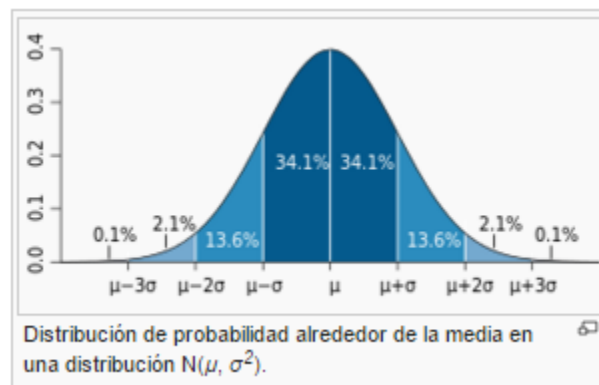
Crear una Alianza de Ciudades: Se propone crear una instancia que facilite institucionalizar las interacciones entre el Gobierno Nacional y las entidades territoriales, y entre las mismas entidades territoriales.

Para futuras investigaciones se plantea estudiar mediante simulación la inclusión de diferentes reglas de decisión al modelo de elección. Con relación a la personalidad es una variable que depende del individuo y no del modo e influye en la elección del modo, se plantea como futuros trabajos estudiar la elección con base a variables latentes.

ANEXO A: Tabla de la distribución normal de la campana de Gauss

Para encontrar el tamaño óptimo de la muestra cuando la población sea finita o infinita, es necesario hallar el valor de Z estandarizado asociado a la tabla de la normal, usando específicamente la cola derecha de la campana de Gauss, por eso es necesario traer a colación la campana y su respectiva la tabla que presenta a continuación.

Figura Campana de Gauss



Fuente: Probabilidad y estadísticas para ciencias e ingenierías (Torre, 2007)

Tabla de la distribución normal

normal	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71566	0,71904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891
1,0	0,84134	0,84375	0,84614	0,84849	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214
1,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87283	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298
1,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147
1,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91308	0,91466	0,91621	0,91774
1,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92785	0,92922	0,93056	0,93189
1,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062
1,9	0,97133	0,97199	0,97267	0,97331	0,97393	0,97454	0,97511	0,97568	0,97621	0,97670
2,0	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158
2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99266	0,99286	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361
2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99430	0,99446	0,99461	0,99477	0,99492	0,99506	0,99520
2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99598	0,99609	0,99621	0,99632	0,99643
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997
4,0	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998

Fuente: Probabilidad y estadísticas para ciencias e ingenierías (Torre, 2007)

Anexo B: Formato de la encuesta

Encuesta Tesis Maestría

“Análisis microeconómico sobre el transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín”.

Eduardo Cueto Fuentes

Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín

encueto@unal.edu.co

Suponga que debe realizar un viaje de ida a su lugar de trabajo o estudio habitual, con un recorrido aproximado de 10Kms.

1. Ocupación: **1= Empleado, 2 = Independiente, 3= Desempleado, 4 = Estudiante, 5 = Ama de casa.**
2. Sexo: **1 = Masculino, 2= Femenino**
3. Edad: **1= 18 a 24, 2 = 25 a 35, 3 = 36 a 51, 4= Más de 51**
4. Educación: **1 = Bachiller, 2 = tecnólogo, 3 = Profesional o postgrado.**
5. Ingresos mensuales totales: **1 = Menor a \$ 644.350, 2 = \$644.351 a \$1.288.700, 3 = Mayor de \$1.288.700.**
6. ¿Qué modo de transporte utiliza para ir al trabajo o al estudio? **1 = Auto, 2= Bus o colectivo, 3 = Taxi, 4 = Moto, 5 = A pie, 6 = Sistema integrado metro (SIT), 7 = Transporte informal, 8 = Otro, cuál: _____**
7. ¿Señale todas las alternativas que tiene disponible para ir al trabajo o al estudio: ? **1 = Auto, 2= Bus o colectivo, 3 = Taxi, 4 = Moto, 5 = A pie, 6 = Sistema integrado metro (SIT), 7 = Transporte informal, 8 = Otro, cuál: _____**
8. ¿Cómo percibe usted, que cambió el tiempo de espera para tomar el transporte, con la implementación del sistema integrado Metro? **1 = Aumentó, 2= disminuyó, 3 = se mantiene igual.**

9. Con la implantación del Sistema Integrado Metro, para desplazarse desde el origen del viaje (casa), hasta llegar al trabajo o al estudio, con relación al transbordo:

1 = Aumentó, 2= disminuyó, 3 = se mantiene igual.

10. Con la implantación del Sistema Integrado Metro, para desplazarse desde el origen del viaje (casa), hasta llegar al trabajo o al estudio, con relación al tiempo de viaje a bordo del transporte público: 1 = Aumentó, 2= disminuyó, 3 = se mantiene igual.

11. Con la implantación del Sistema Integrado Metro, para desplazarse desde el origen del viaje (casa), hasta llegar al trabajo o al estudio, con relación al costo del viaje del transporte público: 1 = Aumentó, 2= disminuyó, 3 = se mantiene igual.

Califique de 1 a 7 solo el modo que utilizó en su desplazamiento

Seguridad

12. Posibilidad o sensación de ocurrencia de un accidente de tránsito (modo que utilizó) en el transcurso del viaje para llegar al trabajo o estudio.

(1=Extremadamente posible 2=posible 3=Medianamente posible 4=Indiferente 5=Medianamente imposible 6=Imposible 7=Extremadamente imposible)

Auto	1	2	3	4	5	6	7
Bus o colectivo	1	2	3	4	5	6	7
Taxi	1	2	3	4	5	6	7
Moto	1	2	3	4	5	6	7
A pie	1	2	3	4	5	6	7
SIT	1	2	3	4	5	6	7
Transporte informal	1	2	3	4	5	6	7
Otro:	1	2	3	4	5	6	7

- 13.** Posibilidad o sensación de ocurrencia de un robo o atraco (modo que utilizó) en el transcurso del viaje para llegar al trabajo o al estudio.

(1=Extremadamente posible 2=posible 3=Medianamente posible 4=Indiferente 5=Medianamente imposible 6=Imposible 7=Extremadamente imposible)

Auto	1	2	3	4	5	6	7
Bus o colectivo	1	2	3	4	5	6	7
Taxi	1	2	3	4	5	6	7
Moto	1	2	3	4	5	6	7
A pie	1	2	3	4	5	6	7
SIT	1	2	3	4	5	6	7
Transporte informal	1	2	3	4	5	6	7
Otro:	1	2	3	4	5	6	7

Comodidad

- 14.** Comodidad en cuanto a calidad de los asientos, espacios adecuados y disfrute general durante todo el viaje (modo que utilizó) para llegar al trabajo e estudio.

(1=Extremadamente cómodo 2=cómodo 3=Medianamente cómodo 4=Indiferente 5=Medianamente incómodo 6= incómodo 7=Extremadamente incómodo)

Auto	1	2	3	4	5	6	7
Bus o colectivo	1	2	3	4	5	6	7
Taxi	1	2	3	4	5	6	7
Moto	1	2	3	4	5	6	7
A pie	1	2	3	4	5	6	7
SIT	1	2	3	4	5	6	7
Transporte informal	1	2	3	4	5	6	7
Otro:	1	2	3	4	5	6	7

- 15.** Facilidad de acceso en el origen del viaje (casa) y facilidad para llegar al destino final (oficina) de donde lo deja el modo utilizado (parqueadero o paradero)
(1=Extremadamente cómodo 2=cómodo 3=Medianamente cómodo 4=Indiferente 5=Medianamente incómodo 6= incómodo 7=Extremadamente incómodo)

Auto	1	2	3	4	5	6	7
Bus o colectivo	1	2	3	4	5	6	7
Taxi	1	2	3	4	5	6	7
Moto	1	2	3	4	5	6	7
A pie	1	2	3	4	5	6	7
SIT	1	2	3	4	5	6	7
Transporte informal	1	2	3	4	5	6	7
Otro:	1	2	3	4	5	6	7

Confiabilidad

16. Posibilidad de saber con anticipación cuanto será el tiempo de viaje (modo que utilizó) para llegar al trabajo o estudio (1=Extremadamente confiable 2=confiable 3=Medianamente confiable 4=Indiferente 5=Medianamente desconfiable 6= desconfiable 7=Extremadamente desconfiable)

Auto	1	2	3	4	5	6	7
Bus o colectivo	1	2	3	4	5	6	7
Taxi	1	2	3	4	5	6	7
Moto	1	2	3	4	5	6	7
A pie	1	2	3	4	5	6	7
SIT	1	2	3	4	5	6	7
Transporte informal	1	2	3	4	5	6	7
Otro:	1	2	3	4	5	6	7

17. Posibilidad de saber con anticipación cuanto será el tiempo de espera para tomar el modo que lo llevará al trabajo o estudio (1=Extremadamente confiable 2=confiable 3=Medianamente confiable 4=Indiferente 5=Medianamente desconfiable 6= desconfiable 7=Extremadamente desconfiable)

Auto	1	2	3	4	5	6	7
Bus o colectivo	1	2	3	4	5	6	7
Taxi	1	2	3	4	5	6	7
Moto	1	2	3	4	5	6	7

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

A pie	1	2	3	4	5	6	7
SIT	1	2	3	4	5	6	7
Transporte informal	1	2	3	4	5	6	7
Otro:	1	2	3	4	5	6	7

18. ¿Qué variables tuvo en cuenta o influyeron para elegir el modo de transporte que lo trajo al trabajo o estudio? 1=tiempo de viaje, 2=costo de viaje, 3=número de transbordo, 3=seguridad en el viaje 4=comodidad durante el viaje, 5=confiabilidad del viaje, 7=Otras, cuales: _____

Auto	1	2	3	4	5	6	7
Bus o colectivo	1	2	3	4	5	6	7
Taxi	1	2	3	4	5	6	7
Moto	1	2	3	4	5	6	7
A pie	1	2	3	4	5	6	7
SIT	1	2	3	4	5	6	7
Transporte informal	1	2	3	4	5	6	7
Otro:	1	2	3	4	5	6	7

19. El modo de transporte que utilizó para ir al trabajo o estudio lo eligió por: 1=inercia (costumbre), 2=De forma aleatoria, 3=Teniendo en cuenta la experiencia de viajes anteriores, 4=Imitación a otra persona, 5=Siempre utiliza la misma razón para su decisión (costo o tiempo etc.) 6=No tenía otra opción 7=Realizó otro análisis

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Medellín. (s. f.). Diagnóstico, evaluación y seguimiento en movilidad.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (s. f.). PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD.

Amaya, L., Defterli, O., Fügenschuh, A., & Weber, W. (2014). *Vester's Sensitivity Model for Genetic Networks with Time-Discrete Dynamics* (Vol. 8542). Tarragona, Spain: Springer International Publishing. Recuperado a partir de <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-07953-0>

Arévalo, M. (1968). *Relacion Entre Algunos Factores Socio-economicos Y la Adopcion de Practicas Ganaderas en Santo Domingo de Los Colorados, Ecuador*. Bib. Orton IICA / CATIE.

Art. 78 y 365 de la Constitución Política de Colombia. (s. f.). Recuperado 28 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.ccconsumidores.org.co/index.php/legislacion/19-legislacion/41-art-78-y-365-constitucion-politica>

Asociación de Operaciones de Transporte Masivo. (2014). POLITICA PUBLICA DE TRANSPORTE MASIVO EN COLOMBIA.

Assies, W., Haar, G. van der, & Hoekema, A. J. (1999). *El reto de la diversidad: pueblos indígenas y reforma del estado en América Latina*. El Colegio de Michoacán A.C.

Ballesteros, J. (2014). *Obstáculos y limitaciones para la implementación de política de uso de la bicicleta en Colombia. Casos: Bogotá D.C., Medellín y Pereira*.

Análisis microeconómico, del transporte masivo y colectivo en la cuenca tres de Medellín
Antioquia

Carrillo, J. (2012). *FUNDAMENTOS TÉCNICOS TEÓRICOS PARA LA FORMULACIÓN DE UNA POLÍTICA DE TRANSPORTE MASIVO COMO SERVICIO PÚBLICO.*

Comunas de Medellín. (2015, octubre 10). En *Wikipedia, la enciclopedia libre.*

Recuperado a partir de

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Comunas_de_Medell%C3%ADn&oldid=85729628

CONPES. (2010). Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo.

Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES. (2003). Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo.

Contraloría. (2014). Conceptos y definiciones.

Contraloría General de la república. (2010). Sistemas Integrados de Transporte Masivo en Colombia: Avances, Retos y Perpectivas en el Marco de la Política Nacional de Transporte Urbano.

Córdoba, J. (2010a). Discrete choice model integrating latent variables and bounded rationality.

Córdoba, J. (2010b). *DISCRETE CHOICE MODEL INTEGRATING LATENT VARIABLES AND BOUNDED RATIONALITY.*

Cuthbert, J. (2015). Aplicación de la Matriz Vester. Recuperado 22 de abril de 2016, a partir de <http://www.monografias.com/trabajos72/aplicacion-matriz-vester/aplicacion-matriz-vester2.shtml>

Dávila, J. (2013). Urban mobility and poverty: Lessons from Medellín and Soacha, Colombia,.

Decreto 170 de 2001, Ministerio de Transporte. (2001). Decreto 170 de 2001, Ministerio de Transporte.

- Dhalla, N. S., Singal, P. K., & Beamish, R. E. (2012). *Pathophysiology of Heart Disease: Proceedings of the Symposium held at the Eighth Annual Meeting of the American Section of the International Society for Heart Research, July 8–11, 1986, Winnipeg, Canada*. Springer Science & Business Media.
- El TIEMPO. (2015). Transporte informal está en más de 70 sectores de Medellín.
- Espacio Público de Medellín. (2015). Movilidad y espacio público.
- Fedesarrollo. (2014). LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO EN COLOMBIA UNA REFORMA EN TRANSICIÓN.
- Gentleman, R., & Ihaka, R. (1993). lenguaje de programación R.
- Hamza, K. (1995). *The smallest uniform upper bound on the distance between the mean and the median of the binomial and Poisson distributions*.
- Izcara Palacios, S. P. (2007). *Introducción al muestreo*. México: Editorial Miguel Ángel Porrúa. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=11073245>
- Johnson, N., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1995). *Continuous Univariate Distributions* (Vol. 2).
- Kaufmann, V. (2002). *Re-thinking Mobility: Contemporary Sociology*. Ashgate.
- Manski, C. (1977). The structure of random utility models, 25.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models* (Second Edition).
- McFadden, D., & Antti Talvitie. (1977). *Demand Model Estimation and Validation*.
- Medina, E. (2003). MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA.
- Mendieta, J. (2014). La teoría de la Demanda de Transporte Urbano.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2001). Decreto 170 de 2001.
- Observatorio Ciudadano. (2014). Modelo de Prevención en Transporte Público.

- Ortúzar, J. de D., & Román, C. (2005). El problema de modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10103049>
- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport* (cuarta).
- Pedro Manjarrez, Romero, I., & Bravo, E. (2011). *Transporte urbano, movilidad cotidiana y ambiente en el modelo de ciudad sostenible bases conceptuales*. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com.ezproxy.unal.edu.co/lib/unalbogsp/reader.action?docID=10149540>
- Perfil Demografico 2005-2015 Total Medellin.pdf. (s. f.). Recuperado a partir de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Planeaci%C3%B3n%20Municipal/Secciones/Indicadores%20y%20Estado%20de%20C3%ADsticas/Documentos/Proyecciones%20de%20poblaci%C3%B3n%202005-20-202015/Perfil%20Demografico%202005-2015%20Total%20Medellin.pdf>
- PIGOU, M. . (1932). *The Economics of Welfare*.
- Porter, M., Emmons, W., & Brenes, E. (2001). Instituciones para la competitividad en Colombia. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com.ezproxy.unal.edu.co/lib/unalbogsp/reader.action?docID=10174316>
- Quandt, R. (1956). A probabilistic theory of consumer behaviour., 29.
- Rojas, F., & Mello, C. (2005). El transporte Público colectivo en Curitiba y Bogotá.
- Rus, G. de, Campos, J., & Nombela, G. (2002). *Economía del transporte*. España: Antoni Bosch editor. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10609155>
- Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2004). *Microeconomía*.

- Santamaría, F. (2000). *Transporte público de viajeros y accesibilidad en la provincia de Albacete*. Univ de Castilla La Mancha.
- Sarmiento, I., & González, C. (2012). Análisis de la modelación de la distribución de viajes para diferentes categorías socioeconómicas en el Valle de Aburrá, 11.
- Sarmiento, I., & Jiménez, M. (2011). SISTEMA ADAPTATIVO DE CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁFICO DE UN CORREDOR VIAL SEMAFORIZADO. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE MEDELLÍN, 8.
- Secretaría de Movilidad de Medellín. (2015). *Infracciones*.
- Shuler, J. (2011). *Factors Affecting Transportation Logistics*. Lulu.com.
- SIT (Medellín). (2015, octubre 15). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=SIT_\(Medell%C3%ADn\)&oldid=85849860](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=SIT_(Medell%C3%ADn)&oldid=85849860)
- Torre, R. D. de la. (2007). *Probabilidad y estadística para ciencias e ingenierías*. Delta Publicaciones.
- Tversky, A. (1972). Elimination by aspects: A theory of choice.
- Vester, F. (1980). *Sensitivitaetsmodell*. Bundesminister d. Intern.
- Vester, F. (1997). *Matriz de Vester*.
- VIVANCO, M. (2005). *Muestreo Estadístico, Diseño y Aplicaciones*. Universitaria.
- Wooldridge, J. M. (2006). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*. Editorial Paraninfo.
-