

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE
RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR CADENAS DE VIAJES PARA
CARACTERIZAR LA DEMANDA DE TRANSPORTE URBANO E
INTERURBANO DE PERSONAS EN EL ÁMBITO COLOMBIANO

TRABAJO DE GRADO PARA MAESTRÍA

AUTOR: DAVISON ALBARRACÍN SOSA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA TRANSPORTE

Bogotá D.C., Septiembre de 2013

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE
RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR CADENAS DE VIAJES PARA
CARACTERIZAR LA DEMANDA DE TRANSPORTE URBANO E
INTERURBANO DE PERSONAS EN EL ÁMBITO COLOMBIANO

TRABAJO DE GRADO PARA MAESTRÍA
COMPONENTE DE PROFUNDIZACIÓN

AUTOR: DAVISON ALBARRACÍN SOSA

DIRECTOR: ING. LILIANA LUCIA LYONS BARRERA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA TRANSPORTE

Bogotá D.C., Septiembre de 2013

RESUMEN

Labor de profundización temática en el campo de la Ingeniería de Transporte que pretender evaluar la aplicación, en el ámbito colombiano, de metodologías de recolección de información para caracterizar la demanda de viajes urbanos e interurbanos de personas, empleando las cadenas de viajes como la unidad de análisis técnico fundamental. Aborda desarrollos conceptuales y procedimientos de recolección de información aplicados en distintas partes del mundo, análisis comparativos con metodologías tradicionales y resultados de aplicación sobre una población de prueba colombiana.

Palabras Clave: Cadenas de viaje, tour, Demanda de Transporte, Recolección de información, Actividades, muestra.

ABSTRACT

Labor thematic depth in the field of Transportation Engineering that pretend to evaluate the application in the Colombian context of methodologies for collecting information to characterize the demand for urban and intercity travel of people, using chains trips as the unit of fundamental analysis. It includes conceptual developments and discusses of data collection procedures used in different parts of the world, contains comparative analysis with traditional methodologies and results of application to a Colombian population test.

Key Words: Trip Chain, tour, Transportation Demand, Information Collection, Activities, Schedule, sample.

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 10 |
| 2 | OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 | OBJETIVO GENERAL..... | 13 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 3 | ALCANCE | 15 |
| 4 | METODOLOGÍA | 17 |
| 5 | BASES DE ANÁLISIS | 21 |
| 5.1 | CONTEXTO DE ANÁLISIS..... | 22 |
| 5.2 | ENFOQUES DE PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE Y UNIDADES FUNDAMENTALES DE ANÁLISIS DE DEMANDA DE TRANSPORTE | 26 |
| 5.2.1 | <i>Teoría tradicional de planificación - unidad de análisis el viaje individual</i> | 31 |
| 5.2.1.1 | Recolección de información de demanda de viajes de personas en el ámbito colombiano | 33 |
| 5.2.1.2 | Recolección de información de demanda de viajes en el ámbito mundial | 40 |
| 5.2.2 | <i>Teoría de planificación a partir de los viajes basados en actividades - Unidad de Análisis Cadena de Viajes</i> | 42 |
| 5.2.2.1 | Modelos Integrados de Viajes (Integrated Trip Based Models MTC) | 43 |
| 5.2.2.2 | Modelos de programación de actividades en el día y semana. | 44 |
| 5.2.2.3 | Modelo con Programación de Actividades Diarias de Bowman.... | 49 |
| 5.2.2.4 | Modelos de destino y selección del modo para cadenas de viajes... | 58 |
| 5.2.2.5 | Modelo Basado en Toures..... | 59 |
| 5.3 | COMPARATIVO CONCEPTUAL DE METODOS DE ANÁLISIS PARA LA PREDICCIÓN DE VIAJES A PARTIR DE METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR VIAJES INDIVIDUALES Y POR VIAJES ENCADENADOS | 61 |
| 5.3.1 | <i>Limitaciones del modelo clásico de planeación del transporte con viajes individuales</i> | 62 |
| 5.3.2 | <i>Ventajas y Limitaciones de las metodologías de análisis basadas en cadenas de viajes</i> | 67 |
| 5.3.3 | <i>Modelos de Simulación computacional</i> | 68 |
| 5.3.3.1 | Modelos econométricos basados en la maximización de la utilidad | 69 |
| 5.3.3.2 | Modelos regulados de proceso computacional | 70 |
| 5.4 | VARIABLES DE ANÁLISIS..... | 73 |
| 6 | APLICACIÓN DE MÉTODOLÓGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DEMANDA DE VIAJES DE PERSONAS | 77 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1 DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EMPLEADAS EN EL MUNDO | 78 |
| 6.1.1 <i>Metodología tradicional que contemplan el viaje individual</i> | 78 |
| 6.1.2 <i>Metodologías que emplean cadenas de viajes y programación de actividades</i> | 82 |
| 6.1.2.1 Metodologías sustentadas en encuestas y entrevistas directas a hogares | 86 |
| 6.1.2.1.1 Estudio de demanda basado en encuesta a hogares, Portland, Estados Unidos. | 87 |
| 6.1.2.1.2 Estudio de demanda a través de la aplicación de la herramienta OPFAST, Quebec, Canadá | 90 |
| 6.1.2.1.3 Estudio basado en encuestas a usuarios del transporte, Washington, Estados Unidos..... | 92 |
| 6.1.2.1.4 Estudio basado en encuestas domiciliarias, Austin, Estados Unidos | 94 |
| 6.1.2.1.5 Estudio basado en encuestas a hogares Tucson, Estados Unidos | 94 |
| 6.1.2.1.6 Estudio basado en encuesta en hogares, área Metropolitana de Bostón, Estados Unidos. | 96 |
| 6.1.2.1.7 Estudio basado en encuestas y diarios de viajes realizada en la región del sur de Rotterdam, Holanda | 96 |
| 6.1.2.2 Metodologías de recolección de información a partir de herramientas computarizadas | 98 |
| 6.1.2.2.1 Estudio de demanda a partir de la herramienta Chase, Toronto, Canadá | 98 |
| 6.1.2.3 Metodologías de recolección sustentadas en el uso de dispositivos de posicionamiento global GPS | 102 |
| 6.1.2.3.1 Estudio del comportamiento de viaje, Sydney, Australia | 103 |
| 6.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE METODOLOGÍA PARA APLICAR AL CASO COLOMBIANO..... | 104 |
| 6.2.1 <i>Criterios para evaluar y comparar alternativas</i> | 105 |
| 6.2.1.1 Aplicación del análisis multicriterio para la evaluación y comparación de metodologías aplicables..... | 110 |
| 6.2.1.2 Resultados del análisis multicriterio | 114 |
| 7 DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN APLICABLE AL CONTEXTO COLOMBIANO | 115 |
| 7.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN DE PRUEBA PARA LA APLICACIÓN | 115 |
| 7.2 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE PRUEBA..... | 118 |
| 7.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA | 119 |
| 7.4 DISEÑO DE CONSULTAS Y FORMATOS DE ENCUESTA DOMICILIARIA. | 121 |
| 7.4.1 <i>Consultas y formatos para aplicar metodología seleccionada – Cadenas de viajes y programación de actividades</i> | 121 |
| 7.4.2 <i>Consultas y formatos para aplicar metodología tradicional - Viajes individuales</i> | 126 |

| | | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4.3 | <i>Consultas de percepción a usuarios</i> | 130 |
| 8 | RESULTADOS GENERADOS DE PRUEBAS EN CAMPO | 132 |
| 8.1 | RESULTADOS PRUEBA APLICADA METODOLOGÍA TRADICIONAL. | 133 |
| 8.1.1 | <i>Patrones de viaje de la población de prueba</i> | 133 |
| 8.1.1.1 | Viajes Producidos | 133 |
| 8.1.1.2 | Distribución por propósito | 133 |
| 8.1.1.3 | Distribución por medio de transporte | 134 |
| 8.1.1.4 | Tiempos de viaje..... | 136 |
| 8.1.2 | <i>Índices de correlación y determinación</i> | 137 |
| 8.1.3 | <i>Dificultades y facilidades del proceso de captura de información...</i> | 140 |
| 8.1.3.1 | Duración del proceso de captura | 140 |
| 8.1.3.2 | Apreciaciones del encuestador | 142 |
| 8.1.4 | <i>Indicadores</i> | 142 |
| 8.2 | RESULTADOS PRUEBA APLICADA METODOLOGÍA SELECCIONADA QUE SE SUSTENTA EN CADENAS DE VIAJES | 144 |
| 8.2.1 | <i>Patrones de viaje de la población de prueba</i> | 144 |
| 8.2.1.1 | Viajes Producidos | 144 |
| 8.2.1.2 | Distribución por propósito | 145 |
| 8.2.1.3 | Distribución por medio de transporte | 145 |
| 8.2.1.4 | Tiempos de cadenas de viaje | 147 |
| 8.2.2 | <i>Índices de correlación</i> | 148 |
| 8.2.3 | <i>Dificultades y facilidades del proceso de captura de información...</i> | 150 |
| 8.2.3.1 | Duración del proceso de captura | 150 |
| 8.2.3.2 | Apreciaciones del encuestador | 151 |
| 8.2.4 | <i>Indicadores</i> | 152 |
| 8.3 | ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS..... | 154 |
| 8.3.1 | <i>Patrones de viaje de la población de Prueba</i> | 154 |
| 8.3.1.1 | Viajes Producidos | 154 |
| 8.3.1.2 | Distribución por propósito | 154 |
| 8.3.1.3 | Distribución por medio de transporte | 155 |
| 8.3.2 | <i>Indicadores</i> | 157 |
| 8.3.2.1 | Indicadores asociados a los patrones de viaje descritos..... | 158 |
| 8.3.2.2 | Indicadores asociados a la aplicación de procedimientos | 159 |
| 8.3.3 | <i>Índices de correlación y variables estadísticas</i> | 160 |
| 8.3.4 | <i>Ventajas y desventajas en la aplicación de la metodología de recolección de información por cadenas de viajes</i> | 162 |
| 8.3.4.1 | Aspectos relacionados con la producción de resultados | 163 |
| 8.3.4.2 | Aspectos relacionados a la ejecución de procedimientos | 164 |
| 8.4 | ANÁLISIS Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LA POBLACIÓN DE PRUEBA..... | 168 |
| 8.5 | DEFINICIÓN DE ALCANCE Y VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN..... | 173 |
| 9 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 175 |
| 10 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 174 |

TABLA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 1. Submodelos del Modelo Clásico de Planeación del Transporte - Modelo de Cuatro pasos | 32 |
| Ilustración 2 Proceso continuo de análisis en la planificación del transporte | 34 |
| Ilustración 3. Tipos de Toures basados en el modelo de Estocolmo- Bowman | 54 |
| Ilustración 4. Jerarquía en el proceso de programación diaria de actividades..... | 54 |
| Ilustración 5. Jerarquía en el proceso de programación diaria de actividades..... | 55 |
| Ilustración 6. Predicción de demanda de viajes a través del procedimiento de enumeración de muestra | 56 |
| Ilustración 7. Generación de tablas OD de viajes a partir de cadenas de viajes y toures..... | 57 |
| Ilustración 8. Tipos de Toures basados en el modelo de Estocolmo | 60 |
| Ilustración 9. Formato de captura de información empleado para la Ciudad de Buenaventura, información general..... | 81 |
| Ilustración 10. Formato de captura de información empleado para la Ciudad de Buenaventura, información de viajes | 82 |
| Ilustración 11. Dos Formatos físicos empleados en la ciudad de Quebec para levantar información de usuarios en la herramienta OPFAST. | 92 |
| Ilustración 12. CHASE pantalla principal de captura de información que incluye los días, actividades y sus atributos..... | 99 |
| Ilustración 13. CHASE cuadro de dialogo para incorporar adiciones o modificaciones de viajes y actividades. | 101 |
| Ilustración 14. Áreas de estudio seleccionadas para la aplicación de metodologías en el municipio de Mosquera, Cundinamarca..... | 117 |
| Ilustración 15. Formato de captura de información módulo de programación de actividades en el municipio de Mosquera, Cundinamarca..... | 124 |
| Ilustración 16. Formato de captura de información módulo de actividades y desplazamientos efectuados en el municipio de Mosquera, Cundinamarca.. | 125 |
| Ilustración 17. Formato de captura de información módulo de información general en el municipio de Mosquera, Cundinamarca. | 128 |
| Ilustración 18. Formato de captura de información módulo de viajes realizados en el municipio de Mosquera, Cundinamarca. | 129 |
| Ilustración 19. Formato de captura de información de percepción de usuarios, municipio de Mosquera, Cundinamarca. | 131 |
| Ilustración 20 Distribución de viajes por propósito – Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca | 134 |
| Ilustración 21 Distribución por medio de transporte – Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca | 135 |
| Ilustración 22 Histograma de frecuencia de tiempos de viaje, Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca | 136 |
| Ilustración 23 Duración del proceso de captura por persona – metodología tradicional | 141 |
| Ilustración 24 Distribución de viajes por propósito – Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, Cundinamarca..... | 145 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 25 Distribución por medio de transporte – Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, Cundinamarca..... | 146 |
| Ilustración 26 Histograma de frecuencia de tiempos de cadenas de viaje, Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, Cundinamarca..... | 147 |
| Ilustración 27 Duración de la prueba metodología basada en actividades y cadenas | 151 |
| Ilustración 28 Procedimiento que presento mayor dificultad a la población consultada | 165 |
| Ilustración 29 Procedimiento que repetiría | 166 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Criterios definidos para la evaluación y comparación de metodologías aplicables, asociados a los usuarios y comunidad en general..... | 107 |
| Tabla 2. Criterios definidos para la evaluación y comparación de metodologías aplicables, asociados a los ejecutores directos de la recolección de información | 108 |
| Tabla 3. Criterios definidos para la evaluación y comparación de metodologías aplicables, asociados al Estado y los Entes de Planificación | 109 |
| Tabla 4. Matriz para evaluación multicriterio desde perspectiva de usuarios y comunidad | 111 |
| Tabla 5. Matriz para evaluación multicriterio desde perspectiva del ejecutor directo de la recolección de información | 112 |
| Tabla 6. Matriz para evaluación multicriterio desde perspectiva del Estado y entes de planificación | 113 |
| Tabla 7. Estadística descriptiva del tiempo de viaje, Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca | 137 |
| Tabla 8. Matriz de coeficientes de Correlación con transformación log (R) | 138 |
| Tabla 9. Matriz de coeficientes de Determinación (R ²) | 139 |
| Tabla 10. Indicadores base de comparación – Metodología Clásica de Recolección de información. | 142 |
| Tabla 11. Estadística descriptiva del tiempo de viaje, Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, municipio de Mosquera, Cundinamarca | 148 |
| Tabla 12. Matriz de coeficientes de Correlación (R)..... | 149 |
| Tabla 13. Matriz de coeficientes de Determinación (R ²)..... | 149 |
| Tabla 14. Indicadores base de comparación – Metodología de Recolección de información por cadenas de viaje..... | 152 |
| Tabla 15. Comparativo de la distribución por propósito principal de viaje | 155 |
| Tabla 16. Comparativo de la distribución por propósito de viaje | 156 |
| Tabla 17. Comparación de Indicadores base para cada metodología..... | 157 |
| Tabla 18. Diferencia de coeficientes de Correlación (R) entre modelos | 160 |
| Tabla 19. Diferencia de coeficientes de Determinación (R ²) entre modelos | 161 |
| Tabla 20. Ventajas y desventajas de la metodología que contempla cadenas de viajes en aspectos asociados a la producción de resultados..... | 163 |
| Tabla 21. Comparativo de la duración de la aplicación de las pruebas | 165 |
| Tabla 22. Ventajas y desventajas de la metodología que contempla cadenas de viajes en aspectos asociados a la ejecución de procedimientos | 167 |
| Tabla 23. Matriz para evaluación de la aplicación de las metodologías desde perspectiva de usuarios y comunidad | 169 |
| Tabla 24. Matriz para evaluación de la aplicación de las metodologías desde perspectiva del ejecutor directo de la recolección de información | 170 |
| Tabla 25. Matriz para evaluación de la aplicación de las metodologías desde perspectiva del Estado y entes de planificación | 171 |

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades ha traído consigo la consolidación de diversos tipos de dinámicas urbanas e interurbanas en el país, así mismo, la expansión demográfica y física, generada bajo un marco institucional, normativo y jurídico definido para unos casos y en otros bajo campos de la informalidad, ha impulsado el surgimiento de nuevas necesidades sobre las poblaciones, entre ellas la de movilización de un lugar a otro para llevar a término actividades cotidianas y algunas no habituales.

Los sistemas de Transporte se han constituido en factores que definen tendencias de desempeño socio-económico de la población y condiciones de interacción humana en el territorio, esta condición se ha presentado en el ámbito Internacional, Nacional, Regional, Departamental y en el Local Urbano asociado en un principio a la conformación y consolidación física de las ciudades y municipalidades.

Tal como lo menciona Fabio Regueros (1995) en países no desarrollados, el crecimiento de las ciudades no se ha presentado de forma planificada, contexto para el cual el transporte ha sido más bien un servicio que ha tenido que adaptarse a ese desarrollo incontrolado y caótico. Es para este caso, en el que la planificación de las ciudades y de los sistemas de transporte adquiere vital importancia, en la medida en que se brindan las bases sobre las cuales se deben llevar a cabo los procesos de toma de decisión y la adopción de medidas particulares por parte de entes administrativos.

Considerando que “La planificación debe constituir un proceso orientado hacia ciertos objetivos, con alternativas adaptables a los cambios

de una sociedad dinámica” (Molinero, 2003), para el caso del transporte de personas, esta noción es claramente aplicable dado que la población se desplaza de una manera determinada y puede generar nuevos requerimientos de movilización en el tiempo y espacio, con base en el desarrollo de nuevas actividades socio-económicas y culturales, la localización y relocalización de lugares de residencia, transformaciones urbanas, cambios en usos y renta del suelo, entre otros.

Para el estudio y caracterización de los patrones de viaje de las personas a nivel urbano e interurbano, tradicionalmente, y de forma frecuente, se han empleado en el contexto mundial y nacional, metodologías de recolección de información directa y de primera mano, a partir de consultas directas y la indagación por preferencias reveladas y declaradas de los viajeros, contemplando al viaje individual como la unidad fundamental de análisis, y asumiendo para tales casos, las limitaciones propias de los procedimientos sustentados en este enfoque.

Con el avance, la profundización y la exploración de nuevos campos del conocimiento, se han generado desarrollos prácticos y teóricos orientados a la ampliación de las herramientas para elaborar y efectuar los estudios de transporte de personas, la caracterización de las necesidades de desplazamiento actual de personas y la predicción de demanda de viajes existente, una de ellas, se sustenta en el análisis basado en cadenas de viajes y programación de actividades, para la cual, la cadena de viajes y el conjunto mismo de viajes con un origen y destino últimos definidos, corresponde a la unidad de análisis fundamental, y por tanto, la elaboración de los estudios y la recopilación de la información de campo se basa por completo en dicha noción.

En el contexto colombiano, los estudios de transporte de personas en agregados poblacionales de tamaño medio y grande, se han desarrollado en su totalidad, sustentados en la metodología tradicional de recolección de información y el enfoque conceptual para el cual la unidad fundamental de los análisis corresponde al viaje individual con un origen y destino dado, y que en buena parte de los casos corresponde a un viaje de carácter pendular.

El presente documento, contiene los resultados de la evaluación de la aplicación de metodologías de recolección de información por cadenas de viaje en el contexto colombiano, con base en una prospección de campo realizada sobre una población de prueba definida. Se emplea para tal fin, instrumentos teórico-conceptuales y empíricos de manera conjugada y complementaria.

Dentro del contenido desarrollado se encuentra en primer lugar los objetivos del estudio, el alcance, la metodología de estudio para lograr los objetivos planteados, luego se estructuran las bases para el análisis, se selecciona un procedimiento de recolección de información para aplicar a la población de prueba en el contexto colombiano, se presentan los resultados de la aplicación de pruebas de recolección de información empleando metodologías tradicionales con viaje individual y con cadenas de viajes como las unidades fundamentales, y por último, se evalúa la aplicación del procedimiento de interés, se realiza un análisis comparativo de resultados generados, finalmente, se esbozan conclusiones y recomendaciones consideradas pertinentes en el marco del trabajo desarrollado.

2 OBJETIVOS

Se describe a continuación el objetivo general y los objetivos específicos considerados para el desarrollo del presente estudio.

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicabilidad de metodologías para recolectar información de demanda de viajes urbanos e interurbanos de personas por cadenas de viajes en el contexto colombiano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los métodos de análisis de la demanda por viajes de personas individuales y cadenas de viajes.
- Realizar un análisis comparativo entre métodos de análisis de la demanda de transporte por viajes individuales y por cadenas de viajes.
- Plantear alternativas de levantamiento de información por cadenas de viajes en las condiciones colombianas, y seleccionar una de ellas a través de un proceso de priorización para someterla a prueba en campo.
- Evaluar la aplicación de las metodologías de recolección de información de demanda de transporte de personas por cadenas de viaje y por viajes individuales en un centro poblado colombiano.
- Efectuar un análisis comparativo de los resultados de las mediciones en campo de las alternativas de recolección de información por cadenas de viajes y por viajes individuales, a partir de indicadores, herramientas estadísticas, y contemplando limitaciones de cada metodología en determinantes de la demanda.

- Determinar a partir de resultados empíricos y teóricos, ventajas y desventajas de la aplicación de la metodología de recolección de información de demanda de viajes de personas por cadenas de viajes, frente a la metodología tradicional basada en viajes individuales en el ámbito colombiano.
- Determinar el alcance y viabilidad de la metodología para predecir demanda de viajes a partir de cadenas de viajes en el contexto colombiano.

3 ALCANCE

El trabajo desarrollado contiene una evaluación de la aplicabilidad de la metodología de recolección de información de demanda de viajes urbanos e interurbanos de personas por cadenas de viajes en el contexto colombiano, que se ha caracterizado por presentar mayor intensidad de uso en distintos países del mundo, se efectúa una selección argumentada técnicamente en criterios de escogencia multicriterio.

Con el fin de contrastar y comparar las metodologías de recolección de información tradicionales con aquéllas que registran cadenas de viajes, se efectúa un análisis sustentado por un lado, en aspectos netamente teóricos y por el otro, en aquéllos obtenidos a partir de la recolección y el procesamiento de la información de campo.

La recolección de información empírica se desarrolla sobre un grupo poblacional objetivo de prueba cuya muestra no pretende describir el comportamiento de un centro poblado universo, se orienta, a la descripción de los procedimientos de recolección de información y a las diferencias suscitadas entre ellos, el grupo poblacional se selecciona con base en criterios determinantes de aglomerados poblacionales con características tipo en el país, pues se considera que si bien cada núcleo urbano e interurbano cuenta con particularidades propias de cada medio y singularmente irrepetibles, existen algunas características generales que permanecen invariables de un centro poblado a otro.

Se realizarán pruebas de campo a partir de encuestas y consultas directas a usuarios, considerando únicamente el componente socioeconómico y de viajes en la metodología tradicional, los demás

componentes temáticos no se contemplarán ya que sus resultados no acuden directamente a los objetivos propuestos a través del presente.

La aplicación de las consultas con el método tradicional y el que emplea cadenas de viajes y programación de actividades, es evaluada desde cuatro aspectos, el primero; que determina los resultados propios que describen los patrones de viaje y tendencias de movilización de la población de prueba con las limitaciones de cada procedimiento, el segundo; que corresponde a la identificación de ventajas y desventajas del procedimiento que se pretende aplicar, el tercero; asociado a la identificación de aspectos de orden estadístico y finalmente, el cuarto; que atiende la comparación de aspectos operativos y conceptuales desde la perspectiva de cada agente que interviene en el proceso de recolección y captura de información.

Para la identificación de debilidades de cada procedimiento y limitaciones prácticas, se revisan aspectos teóricos y se emplea adicionalmente un formato de consulta que indaga sobre aspectos de percepción de los usuarios de prueba.

4 METODOLOGÍA

El estudio corresponde a un trabajo de profundización requisito de grado para la Maestría en Ingeniería - Transporte de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, para lograr cumplimiento a los objetivos generales y específicos propuestos, se desarrollarán las actividades progresivamente acudiendo a cuatro etapas de trabajo a saber:

ETAPA 1. Estructuración, conformación y revisión de bases conceptuales de análisis

Corresponde a la conformación y revisión de las bases conceptuales, a partir de los desarrollos teóricos que se han elaborado para las metodologías de recolección de información que emplean cadenas de viajes como unidad de análisis de transporte, y aquéllas que utilizan el viaje individual. Esta etapa comprende las siguientes actividades:

- Recopilación de documentación y referencias bibliográficas específicas.
- Revisión y análisis de información secundaria relacionada con la recopilación de información de demanda de viajes empleando cadenas de viajes como unidad fundamental.
- Revisión y análisis de información secundaria relacionada con la recopilación de información de demanda de viajes empleando al viaje individual como unidad fundamental.
- Extracción de planteamientos aplicables al medio colombiano.
- Comparación conceptual de la aplicación de metodologías empleadas tradicionalmente y aquéllas fundamentadas en cadenas de viajes, para el contexto colombiano.

- Elaboración y consolidación de documento con Bases conceptuales de análisis.

ETAPA 2 Recolección de Información en campo. Aplicación de metodologías.

Corresponde a la etapa en la cual se efectúan los procedimientos sobre una población de prueba para evaluar y comparar los resultados generados empleando las cadenas de viajes como unidad de análisis por un lado, y al viaje individual por el otro, consta de las siguientes actividades específicas:

- Definición de directrices y lineamientos para elaborar los procedimientos y las metodologías de recolección de información por cadenas de viajes y por viajes individuales (tradicional).
- Diseño de procedimiento para recolección de información de viajes por cadenas de viajes y por viajes individuales (éste último procedimiento tradicional).
- Selección de la muestra y población objetivo de prueba.
- Caracterización de la muestra y población objetivo de prueba a partir de información secundaria.
- Aplicación de procedimientos a la muestra de prueba objetivo, ejecución de actividades en campo.
- Digitación de resultados.
- Procesamiento de resultados.
- Análisis de resultados obtenidos para cada metodología.
- Elaboración y consolidación de documento de resultados.
- Se pretende realizar un proceso de toma de información para evaluar los resultados que se generan de la muestras de prueba para las dos

metodologías de análisis, la primera empleando la cadena de viajes como la unidad de análisis, y la segunda, utilizando el viaje individual, correspondiente al proceso empleado tradicionalmente en el país.

ETAPA 3 Evaluación de aplicación, alcance y viabilidad de metodología de recolección de información de demanda de viajes de personas.

Con el fin de determinar la viabilidad y aplicabilidad de la metodología de recolección de información de demanda de viajes empleando cadenas de viajes, esta etapa comprende las siguientes actividades:

- Incorporación y organización de bases conceptuales para el análisis.
- Revisión de resultados obtenidos en campo y de las bases teóricas.
- Identificación de aspectos clave del procedimiento empleado.
- Identificación de las particularidades en la toma de información en el medio colombiano.
- Revisión de condiciones de aplicabilidad para el entorno colombiano y viabilidad.
- Evaluación multicriterio y multivariable de procedimiento empleado para recolección de información.
- Elaboración de indicadores de análisis para metodologías empleadas.
- Contraste de resultados de pruebas en campo con indicadores construidos.
- Evaluación de resultados.
- Definir alcance de la metodología por cadenas de viajes para la predicción de demanda de viajes en el ámbito colombiano.
- Elaboración y consolidación de documento de avance.

**ETAPA 4 Conclusiones y Recomendaciones con base en hallazgos.
Documento Final.**

Se elaboran las conclusiones y recomendaciones a partir de los resultados obtenidos en campo y de los análisis desarrollados con base en las nociones teóricas, las actividades relacionadas son:

- Formulación de conclusiones frente a los resultados obtenidos.
- Formulación de Recomendaciones a partir de los hallazgos.

5 BASES DE ANÁLISIS

Como parte elemental del proceso de estudio, es necesario definir y acotar panorama base para el desarrollo de los análisis que se realizarán posteriormente, de este modo, se aborda a partir de un enfoque teórico, los planteamientos instaurados en diferentes partes del mundo con relación a la recolección de información por cadenas de viajes y programación de actividades, frente a metodologías empleadas tradicionalmente para capturar la información de primera mano que permite caracterizar la demanda de viajes urbanos e interurbanos de personas.

Con la identificación de los aspectos relevantes y los desarrollos teóricos existentes, se evalúa de manera empírica la aplicación de la nueva metodología en el ámbito colombiano con relación a la utilizada comúnmente para la recolección de información de demanda de viajes de personas.

Frente a lo anterior, en primer lugar se abordan los enfoques de la planeación del transporte, el concepto del viaje pendular e individual, y las cadenas de viajes como las unidades fundamentales de análisis de demanda de transporte de personas, se prosigue con la identificación y caracterización de metodologías tradicionales de recolección de información en el contexto mundial y local, se caracterizan y definen los métodos para la predicción de demanda de viajes a partir de cadenas de viajes y la programación de actividades, se revisan planteamientos para la ejecución de un comparativo conceptual de los métodos de análisis y de recolección de información, y finalmente, se definen las variables de análisis para la revisión de resultados experimentales generadas a partir de las pruebas en campo ejecutadas, que posteriormente se contrastan.

5.1 CONTEXTO DE ANÁLISIS

El desarrollo urbano de las ciudades impulsado por factores como la Migración, el crecimiento demográfico innato a la población, el crecimiento económico, y la expansión de la urbe en área y altura, las distancias propias de movilización y la distribución de los habitantes en el territorio, se genera dentro de un marco de actividades que liga a la población con quehaceres cotidianos y que instauran requerimientos de transporte crecientes, los cuales deben ser atendidos a través de la implementación de medidas de carácter público e institucional. En el contexto colombiano, la Constitución Política (1991) establece el derecho de sus habitantes a desplazarse libremente por el territorio nacional y el deber del estado de garantizarlo.

Considerando la relación recíproca entre los sistemas y redes de transporte y la conformación del territorio, para lo cual, el transporte se convierte en elemento estructurante, y a su vez, el territorio en estructurador de requerimientos que deben atenderse con sistemas de transporte, Fabio Regueros Chosnek (Universidad Nacional de Colombia, 1995, P. 8), propone un esquema de trabajo para la elaboración de los planes de transporte que se constituye por:

- Etapa de Diagnóstico, asociada a un análisis de la situación actual.
- Etapa de Pronóstico, basado en un análisis histórico y evaluación de aspectos sectoriales, que necesitan de datos estadísticos y los planteamientos de alternativas de manejo particulares.
- Etapa de desarrollo de proyectos, en la que se materializan las alternativas a través de intervenciones concretas.

Las actividades asociadas para la primera etapa involucran factores económicos y sociales, estructuras urbanas, población, infraestructura,

espacios públicos disponibles, y un análisis de tráfico que depende a su vez de procesos de toma de información en campo para caracterizar entre otros aspectos, la demanda y patrones de viaje de la población objetivo, que tienden a definirse por medio de encuestas directas.

Dentro de los estudios y esfuerzos encaminados a la comprensión del comportamiento de las personas a la hora de realizar los viajes, para suplir necesidades de desplazamiento, Hodge (1991)¹, Adler y Benakiva en 1979, argumentaron que existían tres factores que describían los patrones de viajes de personas, el primero; la naturaleza de los hogares y sus requerimientos de sitios de demanda, con necesidades relacionadas a la ejecución de viajes. El segundo, el sistema de transporte que determina niveles generales de movilidad para todos los modos de viaje, y finalmente, el sistema de actividades, definido como parte de un patrón de actividades económicas y sociales en una región, para definir entonces la localización espacial de oportunidades.

La localización geo-espacial y los niveles de actividad de los hogares determinan en buena medida la generación de viajes por parte de los individuos que los componen, así como la complejidad en el comportamiento de viaje. El agregado de los patrones de viaje que originan los integrantes de un hogar, terminan conformando el tejido de viajes que se desarrolla la población dentro o fuera de un entorno urbano, ostentado condiciones dinámicas en la medida en que cambios y transformaciones de carácter socio-económico, tal como sucede con la localización de actividades y usos del suelo, resulta en nuevas necesidades de desplazamiento para los individuos que integran un área poblada.

¹Noción desarrollada por David Hodge, University of Washington. Seattle, Washington. "Development of methods of analysis for planning transit system components in and around major activity". Septiembre 1991.

Tal como lo mencionó Hodge (1991) las características de los individuos (género, ocupaciones, presencia de menores, edad, ingresos, educación, entre otros) y del hogar (como la disponibilidad de medios de transporte), así como la localización y condiciones de accesibilidad, se constituyen en determinantes específicos del comportamiento de viaje o patrones de viaje de la población.

Los cambios en los hábitos de viaje y la complejidad de los centros urbanos, han sido artífices en la necesidad de mejorar las herramientas de toma de decisión de las administraciones públicas, pues condiciones sociales cambiantes y dinámicas económicas determinadas, han participado en la configuración de las redes de viajes que se presentan en las ciudades y centros urbanos, para ámbitos interzonales e intrazonales (Bowman, 1995, P. 11).

Tradicionalmente, el procedimiento de recolección de información de demanda de viajes de personas mayormente utilizado en el mundo, han sido las encuestas de origen destino sustentadas en los viajes individuales como la unidad de análisis fundamental, que se realizan directamente sobre la población de interés con base en una estimación muestral, la cual permite obtener los resultados y caracterizar a partir de la muestra representativa, la población o universo objetivo.

Tal como lo manifestó Bowman (1995, P. 11), con el paso del tiempo y gracias a esfuerzos de distintos conocedores experimentados, las herramientas técnicas de toma de decisión se han mejorado y se han afinado paulatinamente para brindar mejores insumos a las administraciones y a las entidades encargadas de direccionar el acervo de acciones públicas de las ciudades y municipalidades, uno de los avances, en un aspecto específico del transporte de personas a nivel urbano e interurbano y particularmente

sobre la demanda de viajes generados, se centra en el desarrollo y evolución de modelos de predicción de demanda, los modelos han tenido un mejor nivel de comprensión y han permitido a través de investigaciones, conocer con mayor profundidad la naturaleza de las actividades de individuos y decisiones de viaje, para llegar a lo que hoy en día se conoce como el análisis de viajes basados en actividades.

Como las necesidades de los planificadores se incrementaron para tomar decisiones, se hicieron efectivos los requerimientos de incorporar modelos de predicción más sofisticados y con predicciones de mayor nivel de detalle, de manera que se resulte con una incorporación de mayor cantidad de variables y aspectos decisivos en la generación y estimación de la demanda de viajes de personas a nivel urbano e interurbano.

5.2 ENFOQUES DE PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE Y UNIDADES FUNDAMENTALES DE ANÁLISIS DE DEMANDA DE TRANSPORTE

Tal como lo menciona Molinero (2003, P. 294) "una de las etapas fundamentales en la planificación de los transportes es la estimación del número de viajes que se producen en una determinada área de estudio, así como también el número de viajes futuros y su distribución espacial".

En el modelo clásico de planeación del transporte de cuatro pasos, desarrollado hacia los años 60' (Ortuzar y Willumsen, 2001), cuenta tal como lo menciona Daly y otros (1983) con el viaje individual origen -destino como la unidad básica de análisis, para tal caso, el primer procedimiento de partida establecido corresponde a la recolección de información a través de encuestas a personas. Los estudios realizados en diversas partes del mundo se componen de grupos de consulta en los cuales se indagan por características socioeconómicas de los encuestados, aspectos que componen los patrones de viaje y disposición de vehículos, entre otros.

El modelo clásico de planeación de transporte, en términos de Molinero (2003, P. 292), cuenta con una primera etapa en la cual se cuantifica la demanda de transporte que se generará (generación-atracción), una segunda etapa, en donde se establece un conjunto de planes alternativos para satisfacer dicha demanda (distribución), una tercera, para la cual se señalan las características operativas de cada una de las alternativas posibles y se genera un modelo de escogencia (Escogencia Modal), y una cuarta etapa, que da lugar a la conversión de la demanda en flujos probables a lo largo de cada uno de los tramos o vías que componen la red de transportes (asignación), en todas las etapas mencionadas se emplea el viaje individual como insumo determinante de análisis.

Por otra parte, el modelo de aproximación basado en toures, consolidado por Ruiter y Ben Akiva en 1978 y los modelos basados en actividades cuya concepción fue desarrollada por Bowman (1995), utilizan los toures y cadenas de viajes como la unidad de análisis fundamental (Frank Milthorpe y Andrew Daly, 2010, p 1), para ambos casos se consideran los viajes encadenados generados por parte de los individuos que componen una muestra de análisis y estudio.

Bowman y Ben Akiva (1999, p. 1)², expresan y describen la existencia de un modelo de escogencia basado en actividades de los patrones de actividad individual y la programación de viajes, para predecir la demanda de viajes urbana de pasajeros.

Para lo anterior, la unidad fundamental de análisis, las cadenas de viajes o el tour, definido como el conjunto de viajes desde el hogar a una o más destinos de actividad y regreso de nuevo al hogar. Este se encuentra directamente asociado a un patrón de actividades que se sustenta en importantes decisiones que proveen una estructura para las actividades del día y los viajes.

Tal como lo manifiestan Bowman y Ben Akiva (1991, p. 1), En el prototipo el patrón de actividades incluye:

a) La actividad y primaria y más importante del día, con la posibilidad de basarse en el hogar para todos los días de actividad.

b) El tipo de tour o cadena asociado a la actividad primaria, incluido el número, propósito y secuencia de detenciones por actividad.

² Los autores desarrollaron conceptualmente las características de los modelos desagregados de demanda de viajes basados en actividades programadas y viajes encadenados por dichas actividades. Lo anterior se encuentra disponible en el documento de J. L. Bowman, M. E. Ben-Akiva. "Activity Based disaggregate travel demand model system with activity schedules". 1999.

c) El número y propósito de toures o cadenas adicionales secundarias.

Los modelos que contemplan cadenas de viajes, incluyen la escogencia del periodo del día, destino y modo de viaje, y están condicionados al patrón de actividades, por su parte, la escogencia del patrón de actividades, se ve determinado por la expectativa de obtener la máxima utilidad derivada de las alternativas viables.

La aplicación de modelos de escogencia desagregados ha sido aplicada ampliamente en el mundo. Algunos de los modelos desarrollados (Gunn 1994, Algiers et al, 1995) capturaban las decisiones interrelacionadas que una persona hace con relación al viaje desde el hogar a uno o más destinos de actividad y con retorno de nuevo al hogar. Estos modelos basados en toures acarreaban algunas complejidades, como el encadenamiento de viajes, pero ignoraban las restricciones y oportunidades asociadas a la programación de actividades que pueden incluir actividades basadas en el hogar y múltiples toures.

Ben Akiva (en 1996), propone la modelación de la selección individual de una programación completa del día, la habilidad del modelo permite capturar importantes respuestas de la demanda basada en actividades, tales como la selección entre cadenas de viaje en un tour y la conducción de dos toures separados (intertoures), o la escogencia entre conducir una actividad basada en el hogar y/o basada en el tour mismo, aspectos que mejoran la capacidad del modelo para la predicción sensitiva en la formulación de una política (Bowman y Ben Akiva, 1999, p. 2).

Bowman y Ben Akiva (1999, p. 2) definieron los elementos más importantes de la teoría de viajes basados en actividades y cadenas de viajes, los cuales pueden resumirse en dos ideas básicas:

- Primera; la demanda de viajes se deriva de la demanda de actividades, los viajes causan desutilidades y solo se realizan cuando el neto de la utilidad de la actividad y el viaje excede la utilidad disponible de actividades que no requieren la ejecución de viajes.
- Segunda; las restricciones humanas espacio temporales, funcionan en diferentes localizaciones y puntos en el tiempo, experimentando el costo y tiempo de moverse entre distintas localizaciones. Usualmente, están generalmente restringidos a regresar al hogar para el descanso y cuidado personal.

Frente a los modelos conceptuales de análisis de demanda de viajes por actividades y su consecuente encadenamiento de viajes, Kitamura y otros (1995) desarrollaron un concepto de medida de tiempo y distancia basado en la utilidad de la actividad, que contrasta con la medida de desutilidad típica de los viajes empleada tradicionalmente en el modelo clásico del transporte (modelo de cuatro pasos).

En distintas ciudades del mundo se han aplicado los enfoques de análisis para la predicción de la demanda de viajes de personas, sin embargo, el predominio se ha mantenido para el modelo clásico de planeación de transporte, tal como lo menciona Milthorpe y Daly (2010, p. 1), existen deficiencias en el modelo basado en viajes individuales, entre ellos, la incapacidad de involucrar características demográficas en viajes no basados en el hogar.

Milthorpe y Daly (2010, p. 2) indican que la unidad de análisis para métodos de estudio tradicionales es generalmente el viaje no vinculado, la creación de toures y cadenas depende de la combinación de dichos viajes desligados. Frente a lo anterior, un tour basado en el hogar es una secuencia de viajes que inician en el hogar y terminan, cuando la persona regresa al

mismo punto, el hogar. Una vez que se define la secuencia de viajes individuales para formar el tour o la cadena, se requiere efectuar la definición del propósito del tour, que asocia al destino primario del tour o cadena de viajes, para definirla se emplean métodos que identifican:

- El destino (o parada) en el que la persona tarda más tiempo.
- El destino que se encuentra más distante del hogar.
- El destino determinado por jerarquía de propósitos.

Pueden utilizarse uno o más métodos aplicados de forma combinada.

Según Milthorpe y Daly (2010, p. 2) el concepto de toures basados en el hogar es similar al de generación y atracción de viajes, pues en el tour existe un lugar de origen (hogar) y otro de destino (trabajo o estudio), la diferencia radica en que el modelo de generación y atracción de viajes se enfoca en las salidas y llegadas de cada parte del tour, mientras que la aproximación por toures intenta capturar la secuencia completa para todos los viajes, en muchos casos, los toures comprenden únicamente dos viajes y para tal caso no hay diferencia. El método tradicional aborda el concepto del viaje pendular

Tal como lo concluyen Milthorpe y Daly (2010, p. 15), el concepto de tour ensambla más fácilmente la categorización de viajes simples y complejos (múltiples actividades) que puede ejecutar la gente. Los modelos basados en toures ayudan a vislumbrar la complejidad de los viajes que realiza un individuo, frente a esto, el reto del planificador de transporte, consiste en determinar qué tanto de esta complejidad se incorporará en su modelo de transporte.

Las cadenas de viajes, pueden asociarse a viajes mutipropósito, cuando se relaciona el mismo punto de inicio y fin de la cadena de viaje, se

genera un tour, el cual es simple, si no involucra actividades intermedias, en tanto que existe la posibilidad de configurar una cadena compleja o tour complejo, como aquel que involucra al menos una actividad intermedia.

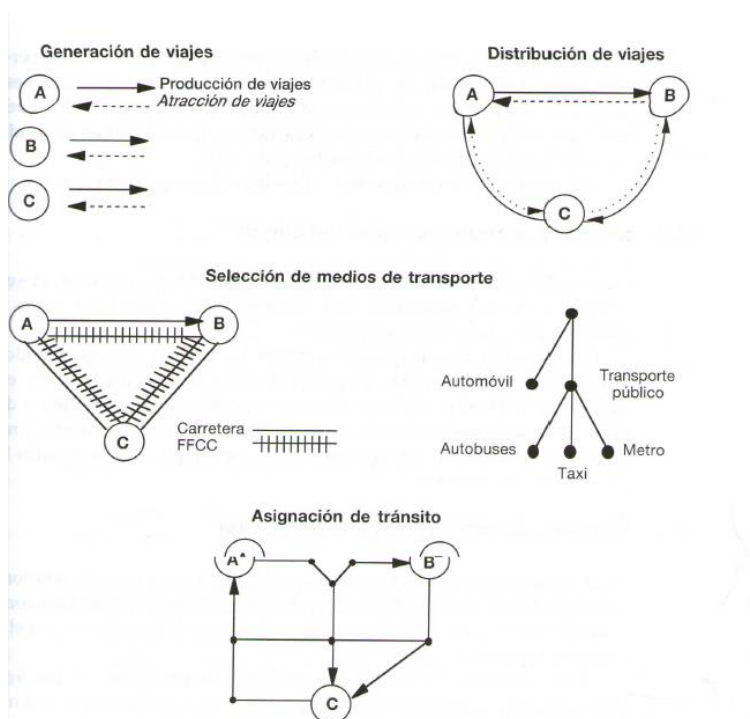
5.2.1 TEORÍA TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN - UNIDAD DE ANÁLISIS EL VIAJE INDIVIDUAL

Los modelos corresponden a representaciones simplificadas de la realidad, como lo menciona Molinero (2003, p. 295), "con datos o información previa es posible predecir situaciones futuras, en función de la evolución de las variables contenidas en el modelo".

El modelo clásico de la planeación del transporte o modelo de cuatro pasos, ha sido empleado por más de 40 años para generar insumos de toma de decisión para una amplia cantidad de entidades administrativas y gubernamentales del mundo, a partir de las actividades y dinámicas urbanas e interurbanas, que a su vez, dependen de las redes de transporte existentes. Se configuran cuatro submodelos dentro del proceso de planificación, el primero, el de Generación y Atracción de viajes que define la cantidad de viajes que se generan y atraen para cada zona asociados a las actividades urbanas, el segundo de Distribución de Viajes que permite conocer la relación de viajes entre zonas, el tercero, Escogencia Modal, que define la selección de medios de transporte a partir de la obtención de la mayor utilidad y eficiencia por parte del viajero, y finalmente, el cuarto, de asignación a las redes de transporte que asocia flujos de viajes con base en las mejores opciones de ruta para el individuo.

En seguida se ilustra cada uno de los pasos que componen los submodelos dentro del modelo clásico de planeación del transporte:

**Ilustración 1. Submodelos del Modelo Clásico de Planeación del Transporte -
Modelo de Cuatro pasos**



Fuente: Molinero, Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración, Figura 6.10. 2003, P. 299.

Para dar inicio al primer paso del modelo, se emplea generalmente como insumo vital la encuesta domiciliaria a las familias, que según lo describe Molinero (2003. p. 297), "consiste en la aplicación de un cuestionario a partir de una muestra representativa de cada zona de análisis. De estas encuestas se obtiene información sobre el número de viajes que se realizan diariamente, sus orígenes y destinos, los medios de transporte utilizados, los propósitos de los viajes y otras características socioeconómicas de los viajeros".

5.2.1.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DEMANDA DE VIAJES DE PERSONAS EN EL ÁMBITO COLOMBIANO

El crecimiento de las ciudades ha traído consigo la consolidación de diversos tipos de dinámicas urbanas e interurbanas en el país, así mismo, la expansión demográfica y física, generada bajo un marco institucional, normativo y jurídico definido para unos casos y en otros bajo campos de la informalidad, ha impulsado el surgimiento de nuevas necesidades sobre la población, entre ellas la de movilización de un lugar a otro para llevar a término actividades cotidianas.

Los sistemas de Transporte se han constituido en elementos que definen tendencias de desempeño socio-económico de la población y fases de interacción humana en el territorio, esta condición se ha presentado en el ámbito Nacional, Regional, Departamental y en el Local Urbano, asociado en un principio a la conformación y consolidación física de las ciudades y municipalidades.

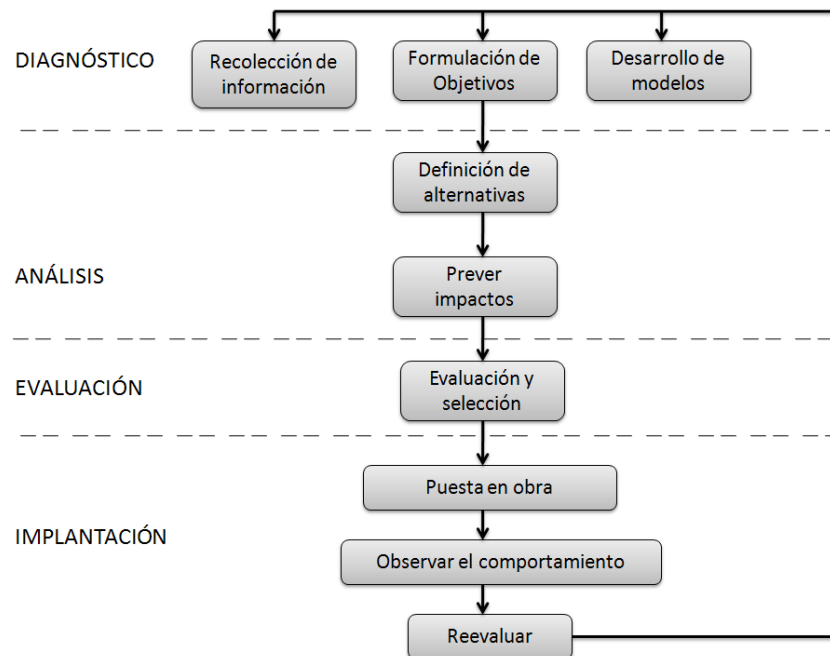
Tal como lo menciona Fabio Regueros (1995), en países no desarrollados el crecimiento de las ciudades no se ha presentado de forma planificada, contexto para el cual el transporte ha sido más bien un servicio que ha tenido que adaptarse a ese desarrollo incontrolado y caótico. Es para este caso, en el que la planificación de las ciudades y de los sistemas de transporte adquiere vital importancia, en la medida en que se brindan las bases sobre las cuales se deben llevar a cabo los procesos de toma de decisión y la adopción de medidas particulares por parte de entes administrativos.

“La planificación debe constituir un proceso orientado hacia ciertos objetivos, con alternativas adaptables a los cambios de una sociedad

dinámica” (Molinero, 2003), para el caso del transporte de personas, esta noción es claramente aplicable dado que la población se desplaza de una manera determinada y puede generar nuevos requerimientos de movilización en el tiempo, con base en el desarrollo de nuevas actividades socio-económicas y culturales, la localización de lugares de residencia, transformaciones urbanas, cambios en usos y renta del suelo, entre otros.

El proceso de planificación del transporte corresponde a una secuencia de actividades tal como se presenta en la siguiente ilustración.

Ilustración 2 Proceso continuo de análisis en la planificación del transporte



Fuente. Adaptado de Molinero, Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración, 2003, P. 262.

Dentro del proceso continuo de planificación del transporte, se observa que el procedimiento de recolección de información se encuentra en el nivel base y hace parte de lo que se denomina como diagnóstico, es a partir de esta etapa que se determinan las condiciones actuales del transporte, se evalúa la demanda de viajes, y la oferta existente para

satisfacer dicha demanda, así mismo se plantean los aspectos que orientan el “deber ser” en las relaciones oferta-demanda ante una situación actual dada.

La recolección de información, es el procedimiento que permite caracterizar y diagnosticar la situación que predomina en el momento en que se realiza, es un acercamiento que se efectúa directamente sobre el terreno y sobre los elementos que interaccionan en las actividades propias del transporte.

“Dentro del proceso de planificación del transporte, la recopilación de datos para conocer la oferta y la demanda de viajes es una de las etapas más importantes que requiere del mayor cuidado para su obtención” (Molinero, 2003, P. 277), dentro de los métodos tradicionalmente utilizados se encuentran las encuestas, que permiten conocer entre otras cosas y de primera mano la cantidad de viajes que se presentan, los orígenes y destinos a los cuales atienden, los medios empleados, los propósitos de los desplazamientos, entre otros aspectos que hacen referencia al comportamiento real de la población para desplazarse de un lugar a otro

Las encuestas permiten realizar un acercamiento directo sobre las personas usuarias del transporte en las diferentes modalidades (público y/o privado, urbano y/o interurbano, colectivo y/o individual), se logra de esta forma determinar las características propias de los viajes que realiza un grupo poblacional determinado en el momento en que se lleva a cabo la encuesta, en adición, Molinero (2003, P 282) indica:

“El conocimiento y la interpretación de la demanda actual, expresada por la movilidad, permite definir leyes empíricas llamadas comúnmente modelos, que toman generalmente la forma de relaciones matemáticas y que se utilizan para establecer la demanda futura. La utilización de modelos

requiere que se establezcan ciertos supuestos previos de análisis en los pronósticos”.

Se plantea entonces la posibilidad de predecir las demandas de viajes a partir de la prospección y los resultados obtenidos de las encuestas, para esto se emplean herramientas matemáticas y estadísticas que permiten efectuar aproximaciones a la realidad.

En contexto local, en el ámbito colombiano, los cuerpos administrativos de las ciudades y centros poblados más grandes del país han desarrollado en las últimas décadas estudios de transporte sustentados en toma de información directa de la población, para esto, se han empleado las encuestas origen destino para caracterizar la demanda de viajes que conforma la población, las encuestas, se han convertido en un insumo de vital importancia para facilitar los procesos de toma de decisiones de las administraciones locales, y la construcción de ciudades en parte estructuradas por los sistemas de transporte público colectivo de pasajeros, indispensables para satisfacer una de las necesidades del hombre, la movilización.

En las ciudades grandes y medianas del país tanto en extensión urbana como en demografía, se han llevado a cabo encuestas de movilidad (Bogotá, Medellín-Valle de Aburrá, Barranquilla, Cali, Buenaventura, Ibagué, entre otras), para el caso del área metropolitana de Medellín se realizó:

- Estudio de transporte en el Valle de Aburra, Encuesta origen – destino año 2005 (Carlos Gonzales, 2009), la unidad de análisis correspondió al viaje individual, se emplearon los resultados para definir la matriz origen destino y de allí generar un modelo matemático para realizar la predicción de viajes.

Tal como lo menciona Juan Pablo Bocarejo (2011) en su ponencia “*Las encuestas de transporte insumo determinante para la medición de la sostenibilidad*”, las encuestas de movilidad realizadas en la Ciudad de Bogotá han consultado tradicionalmente a la población acerca de longitudes de viaje, tiempos promedio, principales orígenes y destinos, de manera que ha servido como insumo para definir las dinámicas de expansión de la ciudad. Dentro de las encuestas realizadas para caracterizar la demanda en el Distrito Capital se encuentran (Bocarejo, 2011):

- Encuesta de transporte llevada a cabo por Hidrotec en el año de 1986, allí se preguntaba por viajes individuales que realizaban los encuestados.
- Encuesta para el Plan Maestro de Transporte Urbano para Santa Fe de Bogotá, realizada en 1995 por JICA.
- Encuesta para el Plan Maestro de Movilidad realizada en el año 2005, ejecutada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, sus resultados han sido utilizados para la formulación de la política pública de movilidad y la definición de proyectos estratégicos³.

Santana (2009), Indica que existen diversas herramientas para la recolección de información y su empleo determina qué tanta precisión generan los resultados, para las encuestas de 1995 y 2005 se emplearon las encuestas a través de formularios impresos sujetas a los viajes que recordaba la persona en el momento en el que se le consultaba por sus patrones de viaje en el día, existen métodos como el diario de viaje que permiten obtener resultados más precisos, pues para este caso se toma información en tiempo real.

³ Información disponible en el portal web [Fecha de Consulta: 18 de Septiembre de 2011]: <<http://www.movilidadbogota.gov.co/?pag=767>>.

Una de las debilidades manifiesta por Santana (2009), para las encuestas realizadas en 1995 y 2005, corresponde al registro de viajes de un solo día en la ciudad, conlleva a que no se generen resultados suficientes para describir las tendencias de viaje de la población en días típicos, recomienda entonces la necesidad de preguntar por los viajes de más de un día.

Finalmente, se encuentra la actualización de la encuesta de movilidad año 2011 contratada a Steer Davies y el Centro Nacional de Consultoría.

Frente a la última encuesta de movilidad realizada en el Distrito Capital, la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá (SDM), inició desde el año 2010 con los procedimientos para la aplicación de encuesta de Hogares en Bogotá y municipios aledaños con el fin de hacer (SDM, 2011)⁴:

“La Caracterización de la Movilidad Urbana de la Población desde los 5 años de Edad en adelante Residentes del Área Urbana de la Ciudad de Bogotá y de los 17 Municipios Vecinos de su Área de Influencia, y su Correlación con las Variables Socioeconómicas Explicativas, Mediante Técnicas y Estrategias Estadísticas”

Tal como se aprecia, la encuesta pretende estudiar las dinámicas que se presentan entre el Distrito Capital y los municipios aledaños que presentan algún tipo de relación con Bogotá, y constituyen de esta manera entornos de metropolización.

Así mismo, la SDM (2011) indicó que, entre otros propósitos:

⁴ Información sobre el proceso de contratación y adjudicación de la encuesta disponible en el portal web [Fecha de Consulta: Septiembre 20 de 2011]: <http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/ideofolio/adjudicacin-encuesta_1669.pdf>.

“Con la información obtenida a partir Encuesta de Movilidad Bogotá - Encuesta de Hogares, se busca definir los nuevos patrones de viaje, que permitan reorientar y generar nuevas políticas de transporte en el Distrito Capital enmarcadas dentro del Plan Maestro de Movilidad”.

Según la SDM (2011), El proyecto para el desarrollo de la Encuesta de Origen – Destino, comprende actividades como:

- a) “El desarrollo técnico y conceptual de los instrumentos a aplicar en proceso de la Encuesta de Movilidad;*
- b) El cálculo de la muestra a encuestar y de la cobertura geográfica*
- c) La toma de información de transporte necesaria*
- d) La validación y la calibración de las matrices de viaje resultantes de la información obtenida por medio de la encuesta*
- e) Realización del montaje del modelo de transporte actualizado al año 2011 con cada uno de sus componentes (generación, distribución, selección modal y asignación)”.*

La encuesta, cuenta con cuatro módulos de desarrollo (SDM, 2011), el primero, módulo de vivienda, el Módulo de Personas, el Módulo de Vehículos, y finalmente el Módulo de viajes, en este último se contemplan viajes de personas mayores de 5 años y se realizan preguntas como⁵:

- ¿En qué viaja? Atendiendo al medio empleado para el viaje
- ¿Cuándo viaja? Para definir horas y periodos de viaje
- ¿A dónde viaja? Con el propósito de establecer destinos de viaje
- ¿Por qué viaja? Con el interés de determinar el motivo de los viajes

⁵ Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía Mayor de Bogotá. “SDM Realizará encuesta de Movilidad 2011”. Bogotá. Junio 26 de 2011.

Como se observa, las consultas están orientadas a la definición de los patrones de viaje de la población de la ciudad de Bogotá y la subregión centro, a partir de la metodología empleada tradicionalmente que indaga acerca de los viajes que realizan las personas, empleando para esto, el viaje individual (un origen – un destino) como la unidad fundamental del análisis, de igual manera, el listado de posibles viajes que se incluyen en la encuesta permite efectuar un análisis preliminar de encadenamiento de viajes.

5.2.1.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DEMANDA DE VIAJES EN EL ÁMBITO MUNDIAL

En muchos países del mundo, al igual que en Colombia, se ha realizado tradicionalmente encuestas para caracterizar la demanda de viajes de personas en centros poblados, estos se han utilizado para mejorar las condiciones del transporte particular, de los servicios de transporte público colectivo de pasajeros y para realizar adecuaciones sobre infraestructura disponible, con el fin de permitir la realización de los viajes de manera eficiente y al menor costos social posible.

A nivel mundial se ha realizado una amplia variedad de estudios para determinar la demanda de transporte, éstas en su mayoría empleaban la unidad de análisis fundamental como el viaje individual, así se presentaron entre otros casos:

- Encuesta de origen – destino del área metropolitana de la ciudad de México de 1994 (Moliner, 2003), esta encuesta pregunta por los viajes, definiendo “primero fue a”, y “después fue a”, así mismo, consultaba por el tipo de lugar, el propósito, la hora, el medio empleado, entre otros. la encuesta consideró al viaje individual con origen – destino como la unidad de análisis fundamental.

- Estudio origen – destino del área metropolitana de Tokio 1978 a 1998, los cuestionarios consultan en todo caso por viajes individuales, y de igual manera incluyen, propósitos, medios, etc.
- Estudio Nacional de viajes por hogares en Estados Unidos, los cuestionarios preguntan por viajes individuales, se llevaron a cabo durante los años de 1969, 1977, 1983, 1990, 1995, 2001 (U.S Department of Transportation, 2001).
- Estudio de viajes de personas en Alemania, “Movilidad en Alemania” (Mobilität In Deutschland) realizados en 2002, 2008, previamente se habían desarrollado estudios en los años de 1976, 1982, 1989, “Encuesta Continua sobre el Comportamiento de los viajes”, todas las encuestas se llevaron a cabo a partir de los registros de hogares y preguntando por viajes individuales⁶.
- En el año de 1985 se llevó a cabo el Estudio de Movilidad en Áreas Urbanas Españolas, en el 2001 también se realizó censo de Movilidad que ha se venido adoptando un modelo estándar y ha servido de guía para estudios propios de las comunidades autónomas (Ería, 2005), con base en la información levantada por encuesta se ha realizado un análisis de los factores que indican en cada uno de los desplazamientos de la población.

La mayor parte de los países del mundo han desarrollado estudio de transporte sustentados en encuestas OD con viajes individuales para caracterizar y predecir demanda de viajes que se generan en sus centros urbanos.

⁶ Los estudios de viajes realizados por el Ministerio Federal de Transportes, Obras Públicas y Desarrollo Urbano Alemán (BMVBS) se describen junto con sus resultados en el portal web: < <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/>>. [Fecha de Consulta: Septiembre 28 de 2011].

5.2.2 TEORÍA DE PLANIFICACIÓN A PARTIR DE LOS VIAJES BASADOS EN ACTIVIDADES - UNIDAD DE ANÁLISIS CADENA DE VIAJES

Bowman (1995, P. 17), sustentado en teorías de Jones (1977) menciona que los elementos importantes de la teoría de viajes basados en actividades pueden sintetizarse en cuatro ideas básicas:

1. La demanda de viajes se deriva de la demanda de actividades que requieren viajes, de manera que, viajar por sí mismo, causa desutilidades y solo se realiza si la utilidad neta de las actividades y viajes excede la utilidad disponible de aquellas actividades que no involucran viajes.
2. El comportamiento humano está restringido en espacio y tiempo, la función de los seres humanos en distintas localizaciones y puntos del tiempo, experimentan el tiempo y costo de moverse entre distintos lugares.
3. Los hogares afectan significativamente decisiones de ejecución de actividad y viajes individuales, muchas de las decisiones son tomadas por el hogar como una unidad. El tipo de hogar y el estado de la vida de los integrantes afecta las escogencias individuales y del mismo hogar.
4. Las actividades y los viajes ocurren de manera dinámica, las decisiones en un momento están influenciadas por eventos pasados y la anticipación de eventos futuros.

Bowman (1995) menciona que durante más de 25 años, los investigadores han intentado incorporar la percepción obtenida de la teoría de viajes basados en actividades en modelos urbanos de predicción de viajes. Con los desarrollos conceptuales obtenidos, se plantearon modelos de análisis y predicción que se caracterizaron por su aplicación particular en

ciertas áreas pobladas, con elementos de análisis y procedimientos de estimación variables entre sí.

Los estudios desarrollados comprenden la discriminación de actividades considerando las siguientes categorías (Lee, Hickman y Washington, 2007, p. 5):

- Actividades de subsistencia: Actividades relacionadas con trabajo, estudio. Son actividades esenciales para permitir el sustento de las actividades de mantenimiento y discrecionales.
- Actividades de mantenimiento: asociadas a la compra, adquisición y consumo de bienes y servicios para satisfacer necesidades físicas y psicológicas del hogar, o de los individuos.
- Actividades discrecionales: hacen referencia a aquellas actividades sociales y de recreación que se originan en principio por necesidades culturales y psicológicas.

Para todos los modelos, es importante destacar que los factores que determinan las decisiones no se conocen aún de forma completa y sigue siendo objeto de investigación, dentro de los más destacados se encuentran:

5.2.2.1 MODELOS INTEGRADOS DE VIAJES (INTEGRATED TRIP BASED MODELS MTC)

Fue desarrollado para el área de la bahía de San Francisco y fue utilizado para las predicciones por muchos años. Es considerado como un sistema integrado de escogencia modal desagregado.

Los modelos incluyen variables de accesibilidad representando la máxima utilidad esperada, de igual manera, los vínculos del modelo introducen una representación parcial de restricciones espaciales y

temporales para la modelación de la decisión de viaje separadamente. Horowitz (1980) presentó un modelo con frecuencia de viajes, destino y escogencia modal que incorporaba dependencia entre viajes y que estaba basado en viajes integrados.

5.2.2.2 MODELOS DE PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES EN EL DÍA Y SEMANA.

(Bowman, 1995, p. 30) Ben-Akiva y otros (1980) desarrollaron dos modelos interrelacionados para capturar una representación consistente de los patrones individuales de actividades y viajes. El primer grupo de modelos se enfocan en lo que se denomina como "duración de la actividad" o "presupuesto de tiempo", representando la asignación de tiempo en un día realizada por dos miembros adultos del hogar, para actividades con categorías de: compras, social y recreacional, y otras no basadas en el trabajo. El segundo grupo de modelos basados en actividades representan la "programación de actividades", reflejando los patrones diarios de actividad de trabajadores adultos sobre cinco periodos definidos con relación al hogar y el trabajo.

La escogencia del patrón de actividades es modelada como una única decisión compleja, en la cual muchos componentes permiten definir la decisión de viajes del día. El modelo es implementado como un modelo logit multinomial. Cada alternativa es definida como una combinación específica de 1) número de toures, 2) número de destinos, 3) localización de cada destino, y 4) el modo de viaje para cada tour. El grupo escogencia universal es considerado como el conjunto completo de patrones observados en los datos de la muestra. Debido al amplio número de alternativas, las alternativas de la muestra son utilizadas en las estimaciones del modelo (Bowman, 1995, p. 30).

La escogencia del patrón de viaje es modelada como una decisión individual compleja, en la cual muchos componentes de la decisión juntos, definen los viajes del día, y la agregación de estas tendencias, las dinámicas de viaje de grupos poblacionales en la semana.

Frente a los modelos de programación de actividades en el día, Ben Akiva (1991 p.4) menciona que se basan principalmente en simulaciones econométricas que representa las decisiones individuales de actividades y viajes en un día completo, es un modelo desagregado discreto de escogencia modal que introduce distintos componentes para la predicción.

La programación de actividades consiste en un conjunto de toures atados entre sí por un patrón de actividades general, para tal caso, la demanda de actividades y viajes es vista como una selección de todas las posibles combinaciones de actividades y viajes en el curso de un día de la semana.

La probabilidad de selección por parte de un individuo de una programación particular de actividades, es expresada en el modelo como el producto de la probabilidad marginal del patrón de actividades y una probabilidad condicional de toures, uno de los casos aplicativos del modelo corresponde al estudio realizado para la ciudad de Bostón (USA, 1995):

$$P(\text{Programación}) = P(\text{Patrón}) P(\text{Tour}/\text{Patrón}) \quad (a)$$

Para la expresión anterior la probabilidad del patrón, entendido como el conjunto de actividades que permiten la consecución de una finalidad (o propósito), es la probabilidad de que se seleccione un patrón particular de actividades, y la probabilidad condicional de toures, es la probabilidad de selección de un conjunto particular de toures.

La selección del patrón de actividades no es independiente de decisiones condicionales para escoger toures, el nivel en que un patrón de actividades puede considerarse atractivo o su utilidad, depende del valor máximo esperado de la utilidad que se puede obtener de los toures asociados.

Con relación a la utilidad esperada, la probabilidad de escogencia del patrón de actividades es función de los atributos de todas las alternativas de toures disponibles. El patrón de actividades se caracteriza fundamentalmente por: a) La actividad primaria, con la alternativa de basarse en el hogar para todas las actividades del día, b) el tipo de tour para la actividad primaria del día, incluyendo el número, propósito y secuencia de las detenciones por actividad y c) número y propósito de toures secundarios.

La decisión de la selección de toures involucra la escogencia de la localización de las actividades para llevarlas a término en cada tour, así como el tiempo del día y el modo de viaje.

Inherente a las definiciones dadas para el patrón de actividades, se encuentra la noción de prioridad de las actividades o importancia, y la suposición de que la gente basa su proceso de decisión en órdenes de prioridad.

Existe la posibilidad de que se presenten subescogencias. Con relación a los tiempos en los cuales se hacen las actividades desde y hacia, y las restricciones espacio temporales para llevar a cabo dichas actividades.

Las probabilidades del patrón de actividades y de los toures, tal como lo manifiesta Ben Akiva y otros (2000, P. 7), involucran múltiples dimensiones y pueden especificarse como modelos logit anidados.

Para las decisiones de selección complejas que aplican en este caso (programación de actividades), es imposible con un anidado simple capturar las correlaciones entre las alternativas, tales como las correlaciones espaciales en las dimensiones de escogencia del destino.

Las predicciones se generan de forma agregada, a partir de datos desagregados, el modelo se aplica a cada persona que toma la decisión en la población o en una muestra representativa. La secuencia, la duración, el modo y el destino en cada programación de actividades se trasladan a un conjunto de viajes.

Como resultante se generan matrices de viajes agregadas en tiempo y modo específico de viaje, para luego asignarse a la red de transporte.

La expresión descrita por Ben Akiva (2000, P. 13) para la estimación de la probabilidad de escogencia de un tour de viajes, dado un patrón definido de actividades es:

$$P(\text{Tour}/\text{Patrón}) = P(\text{TourPrimario}/\text{Patrón})P(\text{TourSecundario}/\text{TourPrimario}) \quad (b)$$

Los toures secundarios son considerados mutuamente independientes y la probabilidad condicional de escogencia de toures secundarios se expresa así:

$$P(\text{Tour secundario}/\text{Tour primario}) = \prod P(\text{Tour secundario}_t/\text{Tour primario}) \quad (c)$$

; para $t = 1$ hasta T cantidad de toures secundarios

Donde $P(\text{tour secundario}/\text{tour primario})$ es la probabilidad condicional de escogencia de los toures secundarios dado un tour primario. Todas las probabilidades asociadas a los toures secundarios se calculan a partir del

mismo modelo. Es necesario recalcar que Esta aproximación ignora restricciones de tiempo y correlaciones entre toures secundarios, pero simplifica la estructura del modelo, que debería incorporar la anidación de probabilidades condicionales para toures secundarios, terciarios, etc.

Sustituyendo (b) y (c) en (a), se obtiene la expresión para la probabilidad de escogencia de programaciones de actividad:

$$P(\text{Programación}) = P(\text{Patrón})P(\text{Tour primario}/\text{Patrón}) \prod P(\text{Tour secundario}_t/\text{Tour primario}) \quad (d)$$

Para el tour primario y cada uno de los toures secundarios, el periodo del día en el cual se ejecuta, el destino primario y el medio son modelados, con la escogencia del medio y destino condicionado por el periodo del día seleccionado:

$$P(\text{tour}) = P(\text{Periodo}) P(\text{medio, destino}/\text{Periodo}). \quad (e)$$

Menciona Ben Akiva (2000, p. 13) que una debilidad del prototipo es la ausencia de modelos explícitos asociados a los toures secundarios en “paradas de actividad, una característica importante para capturar el comportamiento del encadenamiento de viajes y relaciones inter-tour. Para atender este asunto, la expresión e) debe mejorarse a través de la modelación de paradas secundarias condicionales basadas en las paradas primarias escogidas, representando la probabilidad del tour como:

$$P(\text{tour}) = P(\text{Periodo}) P(\text{medio, destino}/\text{Periodo}) P(\text{paradas secundarias}/\text{periodo, modo, dest})$$

Se obtiene de este modo, del esquema aplicado a Bostón, resultados para el destino, escogencia modal seguido por el tiempo del día y el patrón de actividades.

5.2.2.3 MODELO CON PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DIARIAS DE BOWMAN

Algunas de las características destacables de los enfoques y modelos de aproximación de demanda de viajes de personas basados en actividades, según McNally (2000, p. 6), son:

1. El viaje de deriva de la demanda de participación en actividades
2. Secuencias o patrones de comportamiento, y no viajes individuales, son la unidad relevante de análisis.
3. El hogar y otras estructuras sociales influyen los viajes y el comportamiento de actividad.
4. Interdependencias espaciales, temporales, de transporte e interpersonales, restringen el comportamiento de actividades y viajes.
5. La aproximación basada en actividades refleja la programación de actividades en el espacio y tiempo.

McNally (2000, p. 7) menciona que los programas de actividad se toman como una agenda para la participación, o un plan individual de viaje y participación en actividades, que después afecta los resultados de programación de las actividades en un patrón diario de actividades individual. Algunos modelos basados en actividades utilizan toures (o el equivalente a cadenas de viajes con mismo punto de inicio fin) como la unidad fundamental de análisis, una aproximación que refleja algunos más no todos los principios de la aproximación basada en actividades (nótese que muchas aproximaciones con patrones representan esencialmente los patrones como un conjunto de toures).

El mismo autor indica (2000, p. 7) que una de las grandes cuestiones radica en definir el nivel de complejidad de los modelos necesarios para

suplir las metas institucionales de predicción de viajes y análisis de política pública. En este punto, sólo es posible concluir que en el nivel de abstracción actual, el modelo de cuatro pasos es claramente insuficiente, probablemente se requiere una mejora significativa en la abstracción.

Bowman (1995, p.41) por su parte, mencionó que el patrón de actividades diario descompone la escogencia del día en:

“1) la selección de una actividad primaria, con una alternativa que se sustenta en el hogar para todos los días de actividad; 2) el tipo de tour para la actividad primaria del día, incluyendo el número, propósito y secuencia de las paradas de actividad intermedias, y 3) el número y propósito de toures secundarios. Para cada tour en el patrón de actividades diario, la programación incluye la selección de los destinos para las actividades en el tour, así como el modo y periodo en el que se realiza el viaje asociado.”

De igual manera expresa que la programación de actividades del día es una extensión natural de la aproximación del modelo basado en toures, que considera simultáneamente el periodo en el que se ejecutan los viajes, destinos y modos de viaje de todos los desplazamientos que componen el tour. También, incluyendo el patrón de actividades diario, la programación de actividades diario extiende los vínculos al incluir todos los toures que ocurren en un único día, por ello, se representa explícitamente la habilidad de los individuos de realizar cambios de inter toures (1995, p.41).

Uno de los adelantos en la concepción del sistema del modelo de programación diario de actividades para la predicción de demanda de viajes lo realizó Bowman a través de su tesis doctoral presentada en el año de 1995.

Bowman (1995) indicó que el sistema del modelo de demanda de viajes basados en actividades, se implementa como un conjunto de modelos de escogencia, integrados como una estimación secuencial de modelos logit anidados, mencionó de igual manera que existen tres tipos de submodelos que comprimen el sistema, el primero; el patrón de actividades diario, el segundo; el tour primario, y el tercero; el tour secundario. Frente a lo anterior, el patrón de actividades diario incluye la decisión de realizar el viaje, la escogencia de la actividad primaria del día, la complejidad del tour primario y el número y propósito de toures adicionales. (P.3)

Los modelos de toures primarios y secundarios incluyen la escogencia del periodo, destino y modo de viaje. Los modelos de toures están condicionados por la escogencia del patrón de actividades diario, y el patrón de actividades diario se ve directamente afectado por el valor esperado máximo de utilidad derivado de las alternativas de toures disponibles, y la utilidad finalmente depende de la ocurrencia de cambios asociados al medio ambiente y a aspectos socioeconómicos.

Indica el mismo autor que el modelo de programación diario de actividades puede ser utilizado para la predicción de demanda de viajes generando tablas de viajes origen destino en un periodo del día, utilizando el método de enumeración simple, por medio de procedimientos de microsimulación. El modelo planteado por Bowman aventaja y mejora las predicciones en comparación a los modelos sustentados en viajes y toures, en aspectos de política como; expansión de redes viales, incentivos para cambiar patrones de viajes y los incrementos en precios de combustibles.

Bowman (1995, P. 11) expresó que uno de los mejores diseños de modelos basados en actividades y que ha sido desarrollado ampliamente como sistema operativo son los modelos basados en toures, los cuales

modelan las decisiones interrelacionadas que una persona realiza con respecto a los viajes que se realizan desde el hogar a una o más localizaciones de actividad, y se da un regreso al hogar. Estos modelos acarrearán complejidades, como los encadenamientos de los viajes, pero ignoran el efecto interactivo de las decisiones que hace la gente sobre múltiples toures potenciales que no se sustentan en el hogar, el aporte de este autor en su trabajo de tesis (1995), correspondió a la demostración de un modelo de predicción, diseñado para ser implementado como herramienta para la toma de decisiones, que modela explícitamente la escogencia individual de una programación diaria de actividades, incluyendo los componentes de los toures y sus interrelaciones.

El modelo que planteó Bowman (1995), basado en la programación de actividades, es un modelo integrado, desagregado, y discreto. Las ecuaciones del modelo incorporan los efectos de los sistemas de transporte y otros atributos del medio, los coeficientes se estiman a partir de mediciones realizadas en campo, tal como realizó Bowman para la encuesta ejecutada sobre el área metropolitana de Bostón.

Bowman (1995, p. 41) menciona que la programación de actividades y viajes es una función de planeación que ocurre con mayor frecuencia en intervalos regulares tales como días y semanas, involucra la selección de un conjunto particular de actividades, la asignación de actividades a miembros de los hogares, la secuencia de las actividades, y la selección de localizaciones de actividad, tiempos y métodos de los viajes requeridos.

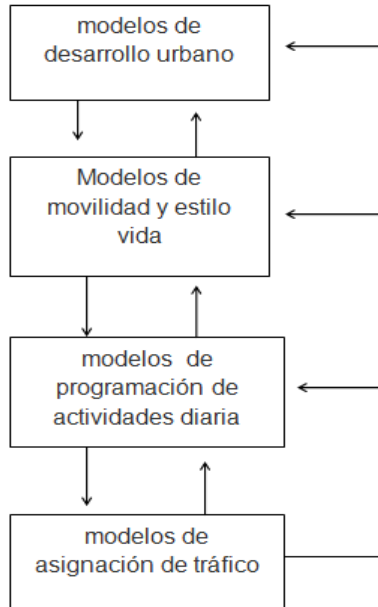
Una de las hipótesis planteadas por Bowman establece que cuando un individuo está estableciendo la programación de actividades diaria, las decisiones están condicionadas por la prioridad relativa de las actividades del día. Decisiones relacionadas con actividades de baja prioridad están

condicionadas por las decisiones asociadas a las actividades de alta prioridad. Del mismo modo, decisiones relacionadas con toures de baja prioridad, están condicionadas por las decisiones que se realizan frente a toures de alta prioridad. Así, por ejemplo, el destino escogido para una parada secundaria en un tour, depende en la elección del destino realizada para la parada primaria.

Al igual que en otros modelos empleados para la predicción de demanda de viajes de personas, concibe un proceso de selección a partir de niveles de utilidad, para tal caso, la utilidad de una alternativa particular en una decisión de alta prioridad, está directamente influenciada por la utilidad de las alternativas de bajo nivel que la componen.

En seguida se ilustra el proceso de programación de actividades diaria en el contexto de un sistema que compone el modelo comprensivo de predicción de viajes:

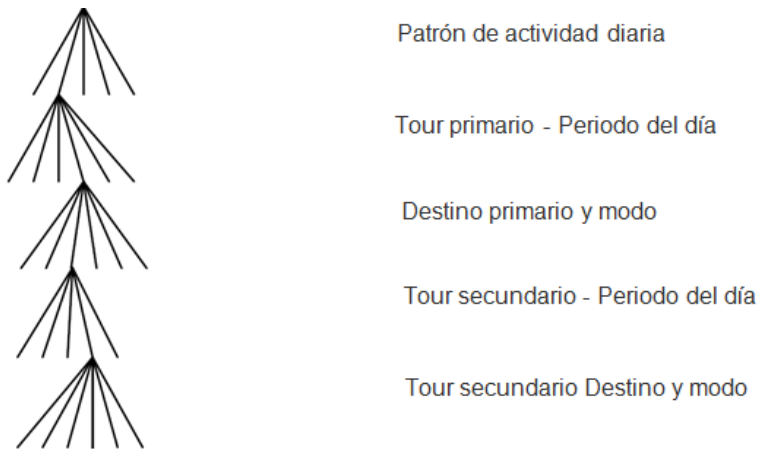
Ilustración 3. Tipos de Toures basados en el modelo de Estocolmo- Bowman



Fuente: Bowman, Tesis, Figura 3.2 "Programación de actividades diaria en el contexto de un sistema de modelo comprensivo de predicción de viajes". 1995.

Se ilustra a continuación la jerarquía que compone el proceso de programación diaria de actividades por parte de los individuos que efectúan viajes:

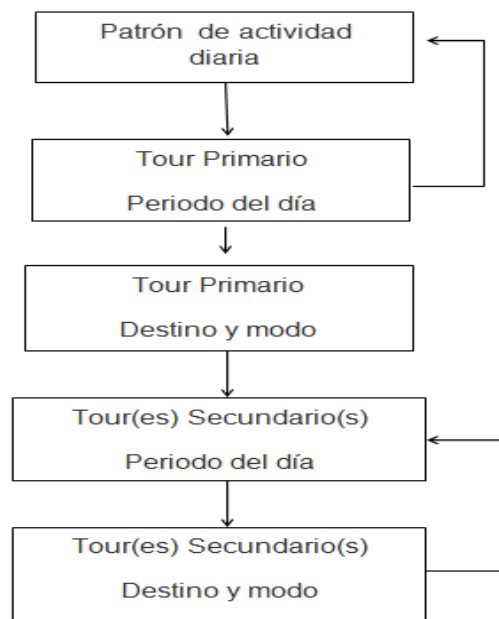
Ilustración 4. Jerarquía en el proceso de programación diaria de actividades



Fuente: Bowman, Tesis, Figura 4.1 "Jerarquía y Diseño de la programación diaria de actividades". 1995.

La estructura representa la decisión de los individuos entre cada uno de los vínculos, la cual debe estimarse simultáneamente como un modelo logit anidado para obtener la máxima utilidad. Utilizando el método planteado por Ben Akiva y Lerman (1985), el modelo condicional del lazo de menor nivel en la jerarquía es estimado en primer lugar. Sus resultados son utilizados para calcular, en cada una de las alternativas de los lazos de mayor nivel, el valor máximo esperado de la utilidad entre todas las alternativas de menor nivel que comprende la alternativa de mayor nivel.

Ilustración 5. Jerarquía en el proceso de programación diaria de actividades

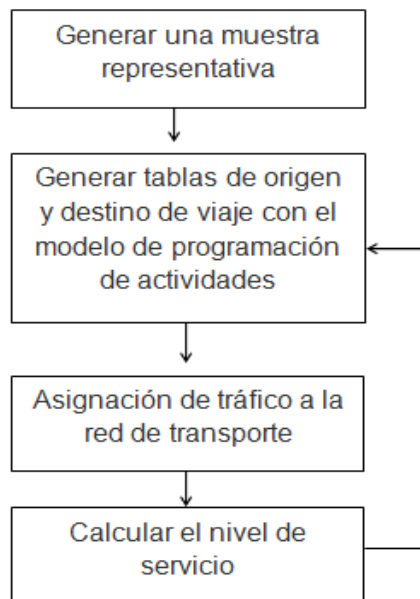


Fuente: Bowman, Tesis, Figura 4.1 "Jerarquía de la programación diaria de actividades implementada". 1995.

Para el caso anterior, el conjunto de modelos de menor jerarquía (inferior) están condicionados por los de mayor jerarquía, frente a esto, los modelos de niveles más altos dependen directamente de los valores máximos esperados de utilidad de aquéllos ubicados en los niveles más bajos, existen de este modo conexiones del valor máximo esperado de utilidad.

Bowman (1995, p. 82), expresó que la predicción con el modelo de programación de actividades diarias, puede ser utilizado para hacer predicciones de demanda de viajes empleando el método de enumeración de la muestra descrito por Ben Akiva y Lerman (1985), en el primer paso, se genera una muestra de individuos representando a la población a partir de encuestas o simulación. El modelo de programación de actividades diarias es aplicado a cada una de las observaciones de la muestra, resultando en un conjunto de tablas de viajes origen - destino por periodos del día, cubriendo el área de estudio. Estas tablas son utilizadas para los modelos de asignación de tráfico con el fin de estimar las condiciones de equilibrio de la red. Luego se estiman los niveles de servicio del sistema de transporte y comparados con los niveles supuestos en el modelo de demanda. Si no difieren, la suposición del modelo de demanda estará ajustado, es un procedimiento iterativo, a continuación el esquema:

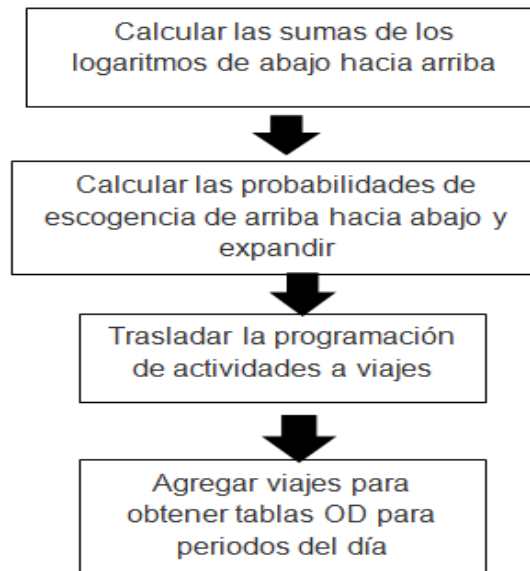
Ilustración 6. Predicción de demanda de viajes a través del procedimiento de enumeración de muestra



Fuente: Bowman, Tesis, Figura 5.1 "Predicción de demanda de viajes vía enumeración de muestra". 1995, P. 82.

La desagregación de las cadenas de viajes y toures es un procedimiento generalizado que cuenta con las siguientes etapas concretas:

Ilustración 7. Generación de tablas OD de viajes a partir de cadenas de viajes y toures



Fuente: Bowman, Tesis, Figura 5.1 "Generación de tablas de origen destino de viajes". 1995, P. 83.

Se calculan probabilidades de abajo hacia arriba ya que los niveles de mayor jerarquía depende los de menor nivel.

Luego se calculan las probabilidades de escogencia de los patrones de actividades, de arriba hacia abajo una vez se conocen todos los vínculos, esto incluye la selección de momento en el que se realiza el viaje, tipo de actividad, modo, destino y propósito.

Pasar la programación a viajes, es el paso siguiente, para ello se consideran los viajes individuales para armar las tablas, con la salvedad de que la probabilidad de cada viaje individual es la misma que presenta la programación del patrón de actividades.

5.2.2.4 MODELOS DE DESTINO Y SELECCIÓN DEL MODO PARA CADENAS DE VIAJES

Tal como lo menciona Ben Akiva (2000, P. 14), estos modelos requieren de la definición de aspectos del nivel de servicio de transporte, aplicado a todos los modos de transporte. La distancia interzonal es una medida del nivel de servicio, junto con los costos y el tiempo de viaje, valores que se requieren para franjas horarias y periodos del día en los que se ejecutan los viajes.

Dentro de los procedimientos asociados, se hacen las estimaciones de destino y selección de los modos para toures primarios y secundarios, los modelos de periodo del día; dependen de la utilidad máxima estimada para el destino y modo escogido.

Se presentan coeficientes que determinan la incidencia de llevar a cabo toures primarios y secundarios en franjas horarias de la mañana, tarde, y noche y para horas pico y valle.

Para este caso el patrón de actividades; se aplica en personas que son trabajadoras y las que no lo son dentro del modelo logit, considerando las diferencias suscitadas en el comportamiento de escogencia para cada tipo de individuo.

Los coeficientes estimados se relacionan directamente con el periodo del día en el cual se llevan a cabo las actividades primarias, toures primarios y secundarios. Se plantea una tabla de coeficientes para trabajadores y otra para no trabajadores pues los coeficientes varían de un caso a otro.

Finalmente, existe una etapa final en la cual se evalúan todas las posibilidades de toures con los respectivos coeficientes, dadas las restricciones y la presencia de subtoures.

5.2.2.5 MODELO BASADO EN TOURES

Los modelos basados en toures fueron desarrollados a finales de los 70s y en los 80s, en Holanda y otras partes del mundo, los modelos basados en toures más recientes han sido implementados para Estocolmo Suecia, Salerno Italia, Boise Idaho y New Hampshire, Estados Unidos.

Estos modelos agrupan viajes en toures basados en el hecho de que todos los viajes pueden ser vistos en términos de rondas de viajes con trayectos que se encuentran basados en el hogar. Al tour se relaciona una actividad principal y un destino que es la mayor motivación del trayecto.

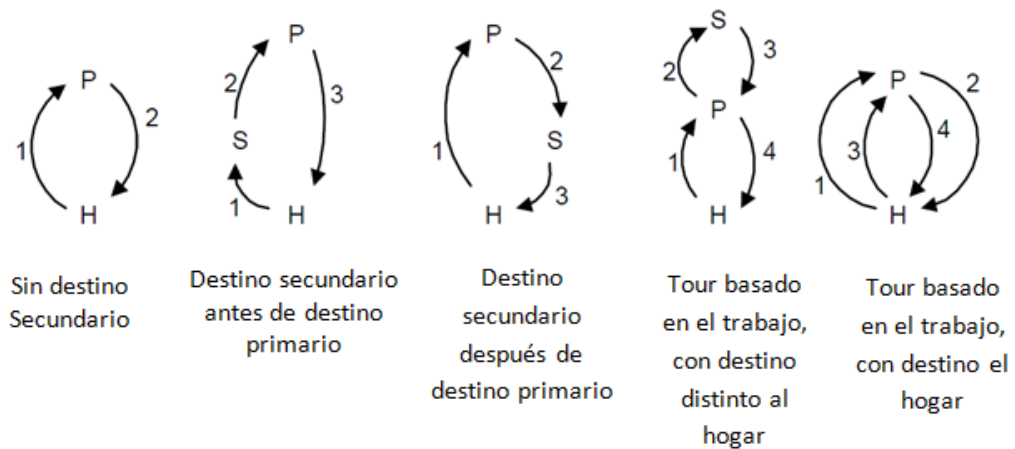
La modelación de decisiones de toures presenta mejoras incrementales, en la medida en que incorporan una representación de restricciones espaciales y temporales en torno a las detenciones de actividad entre toures.

Bowman (1995, p. 24) indica que para la aproximación de demanda de viajes basados en toures, cuyos inicios se remontan en Holanda, depende en primer lugar de la definición del destino primario, la hipótesis de comportamiento es que los viajeros escogen las actividades menos importantes en un tour, condicionados a la decisión de realizar los toures de mayor importancia. El modelo captura el hecho de que múltiples paradas del itinerario usualmente tienen una actividad primaria y destino, que corresponden a la mayor motivación de la jornada, y otros destinos

secundarios que son los de menor importancia como determinantes de la frecuencia, modo, tiempo del día, e incluso ruta para cumplir con el itinerario.

Bowman (1995, p. 27) define los siguientes tipos de toures que puede seleccionar un individuo para realizar sus actividades, estos se establecen a partir del procedimiento utilizado en la ciudad de Estocolmo:

Ilustración 8. Tipos de Toures basados en el modelo de Estocolmo



H= Hogar, P= Destino primario, S= destino secundario
1,2,3,4 se refiere al orden de los viajes

Fuente: Bowman, Tesis, Figura 2.3 "Tipos de Toures utilizados en el modelo de Estocolmo". 1995.

5.3 COMPARATIVO CONCEPTUAL DE METODOS DE ANÁLISIS PARA LA PREDICCIÓN DE VIAJES A PARTIR DE METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR VIAJES INDIVIDUALES Y POR VIAJES ENCADENADOS

Tal como se ha observado, existen dos enfoques conceptuales desde los cuales es posible realizar el análisis para la predicción de demanda de viajes sustentados en el levantamiento de información primaria o de primera mano, el primero; corresponde al enfoque tradicional y mayormente utilizado por los planificadores en el mundo, que contempla el viaje individual como la unidad de análisis fundamental, por otra parte, existe un segundo enfoque que asocia la demanda de transporte de personas a cadenas de viajes que se generan para cumplir con un programa de actividades diario.

Frente a lo anterior, Hodge (1991, P.8) indicó que comprender la verdadera complejidad del comportamiento de los viajes es crítico, incluso en mayor medida que los cambios en los usos del suelo y en las estructuras de los hogares, pues permite identificar los impactos más destacables sobre las tendencias de desplazamiento de personas.

Jones y otros (1990) citado en McNally (2000, p. 2) mencionan frente a las dos metodologías de análisis que se consolida *"una filosofía común de perspectiva, por lo cual la aproximación convencional para estudiar el comportamiento de viaje de personas, es reemplazada por un marco más rico, más holístico en el que los viajes son analizados como multi-patronos diarios de comportamiento, relacionados y derivados de los estilos de vida y la participación en actividades por parte de la población"*.

5.3.1 LIMITACIONES DEL MODELO CLÁSICO DE PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE CON VIAJES INDIVIDUALES

Hodge (1991, p. 8) menciona que la naturaleza de la complejidad de los viajes con propósitos de viajes individuales falla en la medida en que se toman viajes desligados uno del otro.

Bowman por su parte, indicó que los modelos tradicionales de predicción de viajes fallan al representar de forma inadecuada los comportamientos de decisión, y no son sensibles a importantes alternativas de política pública que modifican actividades diarias de grupos poblacionales (1995, p. 14).

Frente a las desventajas del enfoque tradicional, que emplea el viaje individual como la unidad de análisis, McNally (2000, p. 4) indica que existen limitaciones importantes del modelo clásico de planeación de transporte de 4 pasos, y las sintetiza en:

- Con relación al primer paso de generación y atracción de viajes, los parámetros se estiman con modelos independientes, y la unidad básica de transporte, el viaje, no existe en una entidad interconectada hasta la segunda fase del modelo.
- El primer y segundo paso, del modelo de cuatro pasos, ignoran explícitamente la interconectividad temporal y espacial, en el comportamiento de viajes basados en el hogar.
- El principio fundamental de la demanda de viajes, que indica que la demanda de transporte se deriva de la demanda en la participación de actividades, se ignora explícitamente.

- Con la ausencia de integrar predicciones en el cambio de uso de la tierra en el modelo de 4 pasos, los sistemas de actividad futura son esencialmente independientes de redes de transporte futuras.

Otras debilidades mencionadas por el mismo autor y puestas sobre la mesa en 1986 (McNally y Recker, P. 4, 2000.) son:

1. Ignora los viajes como demanda derivada de las decisiones de participación en actividades.

2. Enfoque en viajes individuales, ignorando las inter-relaciones espacio temporales entre todos los viajes y actividades comprendidas en el patrón individual de actividades.

3. Los métodos basados en viajes individuales no reflejan los vínculos entre viajes y actividades, las restricciones temporales y dependencias con la programación de actividades, y el comportamiento subyacente de actividades que genera los viajes.

4. Se presenta una representación errada del comportamiento general como una salida de un proceso de escogencia dado por verdadero, más que por la definición de un rango de complejidad por restricciones que delimiten la escogencia.

5. Especificación inadecuada de las inter-relaciones entre los viajes, participación de actividades y programación, incluyendo vínculos de actividad y restricciones interpersonales.

6. Especificación errónea de conjuntos de escogencia individual, resultado de la incapacidad de establecer distintas alternativas disponibles

de escogencia para el tomador de decisiones en un ambiente de restricciones.

7. La construcción de modelos basados estrictamente en el concepto de maximización de la utilidad, relevando evidencia sustancial relacionada con las estrategias alternadas de decisión que incluyen dinámicas del hogar, niveles de información, complejidad de escogencia, discontinuidad de especificaciones y hábitos de formación.

El viaje es uno de muchos atributos de las actividades. En las aproximaciones convencionales, atributos de las actividades como el modo empleado y el tiempo de viaje consumido para acceder a una actividad, son tratados como atributos del viaje, y son el centro de los modelos descriptivos y predictivos, desde esta perspectiva, el modelo convencional basado en viajes individuales, es simple y especialmente un caso de aproximación basado en actividades (McNally, 2000, p. 5).

McNally (2000, p. 6) menciona que el viaje es un mecanismo físico esencial para acceder a un sitio de actividad, para acudir al propósito de participar en alguna actividad. Mientras la aproximación basada en viajes individuales se satisface con modelos que generan viajes, la aproximación basada en actividades se enfoca en lo que genera la actividad que origina un viaje.

El principio fundamental de la aproximación basada en actividades es que la decisión de viaje es conducida por una colección de actividades que conforman una agenda en la cual participar, tal que no puede ser analizado sobre la base de viajes individuales. Frente a esto, los procesos de escogencia asociados con alguna decisión de viaje específica pueden entenderse y modelarse dentro del contexto de la agenda o programación

completa. El conjunto de actividades y viajes componen un patrón de actividad individual, y el proceso de decisión, reglas de comportamiento, y el ambiente en el que ellas son válidas, aspectos que juntos restringen la formación de dichos patrones, y caracterizan la complejidad del comportamiento de viaje (McNally, 2000, p. 6).

Por otro lado, el autor Norte Americano Bowman (1995, p. 18) expone las debilidades de los modelos de predicción de viajes utilizados tradicionalmente, las categorías en las que ubica las debilidades son:

1. Agregación, dos modelos estándar empleados son los modelos de generación de viajes y distribución, que corresponde a la decisión del individuo de viajar y a dónde hacerlo, el destino de viaje es modelado de manera desagregada y la selección del destino de forma agregada.

2. Decisiones a largo plazo, las decisiones de largo plazo en movilidad y estilo de vida son usualmente omitidas, como son las decisiones de desarrollo urbano.

3. Integración, frecuentemente el modelo de generación atracción, distribución, escogencia modal y asignación se desarrollan y aplican por separado, con resultados y suposiciones que pueden ser inconsistentes en algunos casos, esto representa la falencia de incorporar la simultaneidad y la interdependencia de decisiones con respecto a la ejecución de actividades, reflejado en el marco general de decisiones.

4. Demanda de viajes basada en actividades, aunque el modelo usualmente distingue las categorías de mayor jerarquía en los propósitos de viaje, fallan al representar la posibilidad de realizar actividades sin viajar, esta debilidad toma una importancia creciente con el avance de la tecnología que

introduce más alternativas sin viajes, como sucede con las telecomunicaciones.

5. Restricciones espacio temporales, los modelos tradicionales representan decisiones relacionadas con viajes en una sola dirección, ignoran la interdependencia de las decisiones de viaje a través de múltiples desplazamientos frente las restricciones espacio temporales, por ejemplo, ignoran el hecho de que los viajeros están frecuentemente restringidos a utilizar el mismo medio con el viaje de salida y regreso al hogar, y la decisión de encadenar distintos tipos de parada en un tour que no inicia en el hogar, tiene efectos en el sistema de transporte, más que la decisión de tomar distintos viajes basados en el hogar.

Otro problema que se afronta en este sentido, es que la mayor parte de los modelos carecen de representación del tiempo a lo largo del día en las decisiones de viaje. Una buena parte de los modelos están agregados en datos de viajes de 24 horas, y predicen viajes por un periodo único, usualmente picos de la mañana o la tarde, no consideran de este modo los factores que implican que la gente varíe su comportamiento de viaje temporalmente durante el día.

6. Variables explicativas, la mayor parte de los modelos incluyen la influencia del tiempo de viaje y el costo del comportamiento de viaje. Sin embargo, la importancia del hogar y las características del ciclo de vida, al igual de decisiones de los empleados y los entes de política del gobierno, son ignoradas frecuentemente.

Finalmente, McNally (2000, p. 3) sostiene que la aproximación de la predicción de viajes basada en actividades reconoce explícitamente y direcciona la incapacidad de los modelos basados en viajes de reflejar

comportamientos subyacentes y, por consecuencia, su incapacidad de ser sensible a la evolución de políticas orientadas en torno a la gestión para la expansión de la infraestructura de transporte y de servicios.

5.3.2 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LAS METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS BASADAS EN CADENAS DE VIAJES

Los modelos basados en cadenas de viajes y toures permiten hacer predicciones futuras más precisas con respecto a las que se obtienen de modelos tradicionales, en la medida en que incorporan un mayor número de variables determinantes en los procesos de ejecución de viaje por parte de las personas, otras mejoras, según Bowman (1995, p. 28) pueden sintetizarse en:

Frecuencia: La definición de toures con destinos primarios facilita la modelación de la generación de viajes, modelando, destinos secundarios para un propósito condicionante dado en el destino principal, y el propósito es más satisfactorio que modelar viajes no basados en el hogar NHB (por sus siglas en Inglés No Home Based).

Tiempo del día: La inclusión del tiempo del día en la modelación basada en toures ofrece una gran ventaja sobre la aproximación realizada con viajes individuales, de manera que se puede modelar simultáneamente el viaje desde el hogar y el respectivo retorno. Encadenar las actividades en un tour vía tipo cadena de viajes, hace explícito el manejo de las restricciones de tiempo sobre las actividades.

Destino: Un modelo basado en toures mejora la representación de la escogencia del destino primario, ya que brinda consideraciones de los viajes de ida y regreso, adicionalmente, la selección de destinos secundarios

pueden modelarse bajo el condicionante de los destinos primarios, considerando el costo incremental de viaje asociado con el viaje de las actividades asociadas a los destinos secundarios.

Modo de viaje: El modelo permite realizar una aproximación más sofisticada ya que es posible asociar medios particulares en cada parte que compone un tour con múltiples paradas de actividad.

Frente a las debilidades más destacables Bowman (1995, p. 28) expresa:

"Una de las debilidades importantes del modelo basado en toures, es que no existe conexión de múltiples toures realizados por una misma persona en el mismo día, la frecuencia de los toures es modelada, pero es modelada por separado para cada propósito de actividad, y si múltiples toures son modelados, la modelación de la decisión se hace de forma separada para cada uno, sin tener en consideración decisiones realizadas sobre otros toures de forma interdependiente".

Así mismo, la modelación para un periodo del día pierde efectividad, dado que las relaciones temporales entre múltiples toures en el mismo día no son capturadas, esta debilidad, también limita las capacidades de predicción en los modelos de escogencia de destino y modo.

5.3.3 MODELOS DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Los desarrollos conceptuales para la predicción del comportamiento de la demanda de viajes a partir de las actividades diarias programadas y el encadenamiento de viajes, se han incorporado en modelos de simulación que contemplan estructuras de procesamiento lógico particulares.

Rawoof y Bhat (2010, p. 4) señalan que la mayor parte de los modelos de simulación desarrollados pueden clasificarse en dos grupos, el primero, de los modelos econométricos basados en la maximización de la utilidad, para los cuales los individuos toman sus decisiones bajo el principio de maximización de utilidad frente a escogencias realizadas, y el segundo, de modelos regulados de proceso computacional.

5.3.3.1 MODELOS ECONOMÉTRICOS BASADOS EN LA MAXIMIZACIÓN DE LA UTILIDAD

Como lo mencionan Rawoof y Bhat (2010, p. 4), se sustentan en la teoría de maximización de la utilidad a partir de las concepciones econométricas de escogencia para el consumo, para tal caso los individuos toman sus decisiones de realizar actividades y viajar para maximizar la utilidad derivada de las escogencias que realizan. Estos modelos emplean usualmente modelos de selección discretos como el logit multinomial y logit anidados, que son empleados para definir componentes determinantes en las decisiones individuales para la ejecución de viajes y actividades.

Los modelos de simulación destacados de este grupo son:

- Sistema de predicción de demanda de viajes y actividades de Sacramento, empleado para predecir programaciones de actividades y viajes en las áreas de estudio.
- CEMDAP (por sus siglas en inglés Comprehensive Econometric Microsimulator for Activity - Travel Patterns), se sustenta en modelos econométricos de regresión, las actividades y patrones de viaje se representan en una jerarquía de patrones de actividad, toures y paradas intermedias, permite realizar predicciones continuas a través del modelo de selección discreto.

- FAMOS (por sus siglas en inglés Florida Activity Mobility Simulator), reconoce restricciones espacio-temporales, simula las actividades y los viajes efectuados por un individuo reconociendo localización, modos, tiempos, duraciones y secuencia de viajes y actividades.

5.3.3.2 MODELOS REGULADOS DE PROCESO COMPUTACIONAL

Este grupo de modelos fueron propuestos, según Rawoof y Bhat (2010, p. 14) como otra alternativa de aproximación a la modelación del comportamiento de viajes y actividades, corresponden fundamentalmente a herramientas informáticas de programación que se sustentan en un conjunto de reglas basados en condiciones y acciones, ya que *“el complejo comportamiento humano frente a la ejecución de actividades y viajes no siempre se ve representado como una salida de la maximización de la utilidad”* (Timmermans y otros, 2002, citado en Rawoof y Bhat, 2010, p.14), el sistema procura representar el pensamiento individual para construir la programación de actividades diarias y los viajes asociados a ellas.

A continuación se listan y describen modelos de simulación desarrollados que registra la literatura y que detallan Rawoof y Bhat (2010, p.15):

- CARLA (por sus siglas en inglés Combinatorial Algorithmfor Rescheduling List of Activities), fue uno de los primeros modelos regulados de programación de actividades, desarrollado en la Universidad de Oxford (Clarke, 1986, citado en Rawoof y Bhat, 2010, p.15).
- STARCHILD (por sus siglas en inglés Simulation of Travel/Activity Responses to Complex Household Interactive Logistic Decision), funciona en dos estados, el primero, considerado pre-viajes para el

cual el individuo planea el programa de actividades, y el segundo, en donde el modelo identifica alternativas viables de las cuales se realiza la escogencia.

- SCHEDULER, para el modelo se selecciona un calendario de actividades y viajes relacionados, que presenta episodios que se ejecutan con base en órdenes de prioridad que involucran preferencias y restricciones de los viajeros.
- AMOS (por sus siglas en inglés Activity Mobility Simulator), toma patrones de viajes-actividad observados para los individuos, identifica el conjunto de restricciones asociados en reglas establecidas y sintetiza posibles adaptaciones de escogencia en los patrones individuales.
- SMASH (por sus siglas en inglés Simulation Model of Activity Scheduling Heuristics), asume que el proceso de programación de actividades es una secuencia de pasos de toma de decisión, cada paso en sí depende de la programación actual y de las alternativas viables, para lo cual el individuo reprograma viajes y actividades.
- ALBATROS (por sus siglas en inglés A Learning-Based Transportation Oriented Simulation System), es un modelo comprehensivo y avanzado para la predicción de comportamientos para la ejecución de viajes-actividades de la población, se desarrolló en Holanda, con base en datos de entrada que se sustentan en patrones de programación de viajes y actividades, y restricciones, con él se realiza la predicción de nuevas programaciones flexibles que cumplan con las condiciones establecidas.
- TASHA (por sus siglas en inglés Travel and Activity Scheduler for Household Agents) en este modelo la programación de actividades ocurre para llevar a cabo proyectos, que se definen como un conjunto de actividades coordinadas para lograr el cumplimiento de ciertos objetivos individuales.

Como se aprecia, se han desarrollado distintos modelos de simulación para la predicción del comportamiento de la demanda de transporte de personas con base en la programación de actividades-viajes, sin embargo, cada modelo en sí incluye particularidades propias de las necesidades de análisis del medio, del entorno y contexto en el que fue desarrollado.

5.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Considerando los aspectos referentes en las metodologías de análisis de demanda de viajes de personas empleando cadenas de viaje como la unidad fundamental, se establecen las variables que se incorporarán dentro de los análisis que hacen parte del proceso de evaluación de las metodologías de recolección de información por cadenas de viajes.

Yagi y Mohammadian (2006, p. 661) identifican las siguientes variables explicativas agregadas que deben ser empleadas en los modelos de análisis:

- Variables relacionadas a los viajes: tiempo de viaje generalizado, tiempo de caminata, y distancia de viaje.
- Variables relacionadas a la actividad/cadena: paradas intermedias, tour o cadena primaria y secundaria, tiempo de inicio, viajes de retorno.
- Variables relacionadas con el hogar: Ingreso del hogar, composición de los miembros del hogar, posesión de vehículos motorizados.
- Variables relacionadas con los individuos: tiempo de trabajo, ingreso personal, género, año, actividades permitidas por obligaciones primarias.
- Variables relacionadas con zonas de destino: identificación de zonas de origen y destino, fracción de territorio para uso de comercio, servicios, e industria, densidad poblacional y laboral.

Por otra parte, dentro de las dimensiones de escogencia empleadas para estudiar la demanda de viajes del día típico de la semana a partir de cadenas de viaje, en el modelo de demanda nacional holandés, se encuentran (Rich Reppe, 2010. p. 8):

- Actividad principal: trabajo, estudio, hogar, compras, otros
- Destino: zonas de viaje
- Periodo del día: franjas del día
- Medio de transporte: caminata, bicicleta, vehículo particular, transporte público, tren, avión.
- Paradas intermedias: sin paradas, antes, después, antes y después.
- Actividades de parada: trabajo, estudio, hogar, compras, otros.
- Destinos de parada: zonas condicionadas al destino primario.

Las dimensiones de referencia son empleadas en los estudios de demanda de viajes que contemplan los fenómenos de encadenamiento de viajes y comportamiento de viajes basados en actividades.

Las variables que se definen a continuación, corresponden a la caracterización y diagnóstico de la demanda de viajes de personas, que es uno de los componentes que hacen parte integral de las encuestas de movilidad, pues bien es conocida la existencia de campos o módulos temáticos como el socio-económico, de viajes, de posesión de vehículos, entre otros, frente a ello, las variables esenciales de análisis se discriminan con base en las cadenas de viajes, las actividades y aspectos de contexto – entorno, de este modo se presentan:

Cadenas de viajes

- Cantidad de cadenas de viajes primarias
- Cantidad de cadenas de viajes secundarias
- Cantidad de cadenas de viajes basados en el hogar
- Cantidad de cadenas de viajes basados en el trabajo/estudio
- Cantidad de cadenas de viajes por propósitos primarios y secundarios

- Cantidad de paradas por actividad en cadenas de viajes
- Distribución de periodos de ejecución de cadenas de viaje
- Medios de transporte empleados en las cadenas de viaje
- Viajes realizados por persona al día.
- Distribución de viajes en zonas de análisis OD.

Actividades programadas y ejecutadas

- Actividades asociadas a las cadenas primarias
- Actividades asociadas a las cadenas secundarias
- Patrón de actividad
- Distribución de propósitos primarios y secundarios
- Duración de las actividades.
- Actividades realizadas por persona al día.

Contexto y entorno

- Cantidad de Hogares
- Naturaleza del hogar (composición por personas)
- Edad y género de los usuarios
- Estratificación socio-económica
- Correlación
- Tasas de generación de viajes por hogar
- Viajes realizados con acompañamiento de personas del hogar.
- Ocupación de viajeros del hogar.

Las variables citadas permiten describir fenómenos que hacen parte de factores determinantes de la demanda de viajes expresos por Guinés de Rus (2003, P. 130), que acuden a dos enfoques analíticos, el de la demanda agregada y el de la desagregada, este último con influencia directa sobre las

decisiones individuales, así, los factores principales descritos por el autor son:

Demanda Agregada

- Población
- Actividad económica
- Geografía
- Historia y Cultura
- Política de Transporte

Demanda Individual

- Precio del transporte
- Precio de otros bienes y servicios
- Características socioeconómicas
- Calidad del servicio
- Tiempo de viaje

6 APLICACIÓN DE MÉTODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DEMANDA DE VIAJES DE PERSONAS

Tal como lo menciona Milthorpe y Daly (2010, p. 2), para estimar e implementar los distintos tipos de modelos de análisis de demanda de transporte, es necesario tener datos de encuestas de viajes realizadas en hogares, bajo los formatos del viaje individual como unidad de análisis y bajo la concepción de la cadena o tour relacionado a la unidad básica de análisis.

Los mismos autores, mencionan que el concepto de re-formatear encuestas de viajes realizadas en hogares no es nuevo, en países como Australia, Italia, Holanda y Estados Unidos, las distintas concepciones se han aplicado décadas atrás.

Con el fin de generar los insumos necesarios de evaluación de los procedimientos de recolección de información para caracterizar la demanda de viajes de personas, se realiza en primer lugar una descripción de las metodologías de recolección de información aplicables para los dos enfoques de análisis, que contemplan por un lado al viaje individual como la unidad fundamental de análisis y por el otro, a las cadenas de viajes relacionadas a la agenda de actividades diaria como la unidad básica de análisis, luego, se evalúan a través de un análisis multicriterio las metodologías susceptibles de aplicación al contexto colombiano, y se selecciona una para cada uno de los enfoques considerados, se realiza una descripción de la población objetivo, se selecciona un tamaño de prueba de hogares y se concreta la metodología de aplicación para las recolección de información.

6.1 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EMPLEADAS EN EL MUNDO

Para efectos del presente trabajo, se distinguen dos grandes grupos de metodologías para la recolección de información de demanda de viajes de personas, el primero, cuyo enfoque se orienta a la captura de información de viajes individuales, asociado a los métodos y procedimientos tradicionales, y el segundo, que contempla los viajes encadenados y derivados de las actividades programadas diariamente por las personas.

En capítulo se presentará una descripción de las metodologías empleadas para cada uno de los enfoques planteados, se identificarán casos de aplicación en el mundo, detalles de procedimiento, y a partir de ello, se evaluarán las metodologías identificadas para realizar la selección de una de ellas con susceptibilidad de ser aplicable al contexto nacional, luego se establece la descripción de la población objetivo de prueba de la cual se obtendrán los datos análisis, la definición del tamaño de la población de prueba a estudiar y la adaptación del procedimiento para aplicar la metodología de recolección seleccionada en el contexto colombiano.

6.1.1 METODOLOGÍA TRADICIONAL QUE CONTEMPLAN EL VIAJE INDIVIDUAL

Para construir los modelos predictivos de demanda de viajes de personas en ámbitos urbanos e interurbanos, es necesario partir de apreciaciones de la realidad y de bases de comportamiento real de viaje de los individuos de un grupo poblacional específico.

Tal como lo menciona Molinero (2003, p. 296), los procesos de modelación inician con la identificación de variables que tienen efectos significativos en la producción de viajes, los patrones asociados a los mismos

y las características espaciales, temporales y sociales que inciden en las tendencias de comportamiento para que los individuos materialicen desplazamientos. El proceso de recolección de información se constituye de las siguientes etapas:

- Identificación del área de estudio y población objetivo.
- Definición de Sub zonas de análisis de transporte.
- Estimación del tamaño de la muestra.
- Definición de métodos de barrido para captura de información.
- Diseño de formatos de recolección de información con base en necesidades manifiestas.
- Ejecución de procedimientos de captura de información.

Generalmente la captura de información se realiza a través de encuestas directas sobre los usuarios en hogares, los cuales se escogen dentro del área de estudio a través de un procedimiento muestral, que permite obtener detalles de las características de la población por sub-áreas, tradicionalmente denominadas Zonas de Análisis de Transporte (ZAT), que emplean criterios de zonificación como: densidad poblacional, usos del suelo, localización de actividades, formaciones regulares, Límites naturales, relaciones con la red de transporte entre otros⁷.

Por lo anterior, se realiza la recolección de información a partir de al menos dos módulos temáticos fundamentales, y otros que se definen con base en las necesidades de información que requieran las entidades de planificación de municipios y ciudades, los módulos empleados tradicionalmente en los estudios incluyen por un lado información general de

⁷ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ. Criterios de zonificación. Curso de Planificación del Transporte. Maestría en Ingeniería Transporte. Docente Carlos Alberto Moncada Aristizabal. Año 2011.

los usuarios de transporte, información de viajes individuales realizados en día típico, información de propiedad de vehículos, entre otros.

Los contenidos de consulta a los usuarios acuden a preferencias reveladas o declaradas con base en la finalidad principal de los análisis.

Molinero (2003, p. 297) expresa que *“los costos para realizar las encuestas son altos por lo que se suele utilizar otros métodos como entrevistas telefónicas, por correspondencia y los conteos de tránsito, siempre y cuando se logre una información bastante confiable sobre los viajes que se realizan”*.

A continuación y a manera de ejemplo, se ilustra uno de los formatos de captura de información de demanda de viajes empleados para el municipio de Buenaventura durante el estudio de transporte llevado a cabo por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, en el año 2010, que empleó para los fines del estudio, un componente general de consulta y otro de viajes.

“Es imperante efectuar un corte transversal del estudio de encuesta en hogares que permita identificar el comportamiento de los mismos en la realización de viajes, que brinde una guía de las actividades de las cuales se deriva la demanda de viajes”. (T. Keith Lawton. 1997, p. 4).

En los Estados Unidos ha habido una progresión gradual de la expansión del alcance de los estudios y encuestas de viajes, para lograr una transformación gradual en encuestas de actividades del hogar. Inició con las encuestas realizadas en Bostón y los Angeles (1990 y 1991), algunas más recientes (1994 a 1996) han sido aplicadas, para considerar actividades basadas en el hogar, entre ellos lugares como Portland, Raleigh, Durham, Chapel Hill, Honolulu. Dallas y la bahía de la región de San Francisco, de estos, sólo las encuestas y estudios de Portland y San Francisco intentaron considerar actividades basadas y no basadas en el hogar, se destacan dos aspectos importantes mencionados por T. Keith Lawton (1997, p. 5)⁸:

Hay de hecho un incremento relativamente pequeño en contenido y complejidad para una encuesta que consulte por todas las actividades, comparado con los datos requeridos en una encuesta tradicional del comportamiento de viajes. De los estudios realizados en Portland, la encuesta que considera la demanda generada por actividades generó 577 items de información frente a 503 originados a la encuesta previa que empleó el método tradicional (incremento del 15% aproximadamente). Un beneficio apreciado de la aplicación de encuesta por cadenas de viajes es que focaliza actividades que

⁸ T. Keith Lawton indica y describe en su documento Activity and time use data for activity based Forecasting. Metro, Transportation Department. Portland, Oregon. 1997, procedimientos de consulta directa al individuo quién genera la demanda de transporte, aplicables para distintos espacios y temporalidades con metodologías y mecanismos de acceso al usuario específicos.

permiten reportar en mejor manera viajes cortos en automóviles y viajes en medios no motorizados.

La información recolectada con la intención de construir modelos de patrones basados en actividades, con secuencia de actividades y duraciones asociadas, puede ser utilizada para la estimación en modelos de encadenamientos de viajes (o toures), del mismo modo en que pueden emplearse en modelos tradicionales basados en viajes individuales. De este modo, la flexibilidad de la encuesta de hacer mayor uso de la información y permitir desarrollo de nuevos modelos se ha construido a un costo marginal relativamente bajo, considerando su validez por 5 e incluso 10 años.

Hay de hecho un incremento relativamente pequeño en contenido y complejidad para una encuesta que consulte por todas las actividades, comparado con los datos requeridos en una encuesta tradicional del comportamiento de viajes, Keith Lawton (1994, p.5) de igual manera manifiesta que Las necesidades de datos e información que provienen de las encuestas, parecen ser muy similares en términos de contenido (pero probablemente no, en el detalle de dicho contenido), de manera que la misma encuesta puede ser empleada para realizar las predicciones con los dos métodos de análisis (tradicional y basado en actividades). De los procedimientos de captura de información el autor destaca (Keith Lawton, 1994):

1. Una encuesta de preferencias reveladas, en donde se investigue respuestas individuales frente a hipotéticas variaciones en el comportamiento del medio, esta herramienta puede ser utilizada para explorar de los parámetros y reglas de decisión, susceptibles de ser empleados para desarrollar un conjunto de planes de actividad o agendas que representarían los grupos de decisión de la demanda, sin considerar restricciones. Este

debe ser el camino para desarrollar síntesis del patrón de actividades - viajes para la planeación de las ciudades y regiones, que puede ser utilizado como base en la aplicación de modelos adaptables.

2. Una encuesta panel longitudinal de viajes y actividades, que permita indagar sobre adaptación a los cambios en el medio (decisión de localización de vivienda, transacciones por vehículos, etc.), se emplea para realizar seguimiento a cambios en el sistema y para llevar un control de adaptación a las tendencias naturales de transformación de los entornos por periodos de tiempo definidos (cada seis meses por ejemplo).

Este tipo de procedimientos se emplea especialmente para evaluar los efectos de transiciones del hogar.

3. Encuesta en retrospectiva para investigar respuestas lentas del comportamiento de viajes que se generan con grandes cambios en oferta de transporte e infraestructura.

Frente a los aumentos de complejidad y las limitaciones que genera la recolección de información, Keith Lawton (1997, p. 14) expresa que puede ser importante evaluar la posibilidad de generar muestras de hogares inferiores, que genere la compensación por los niveles de esfuerzo, lo cual puede incluso reducirse con la aplicación de técnicas computacionales interactivas. La tendencia direcciona al desarrollo de encuestas de contacto directo, que conlleva a que finalmente se tomen muestras digitales marcadas por los individuos.

Finalmente, se evidencia la existencia de distintos procedimientos de consulta a los usuarios de los sistemas de transporte de los centros poblados, quienes constituyen la demanda de viajes manifiesta que debe

satisfacerse a través del acervo de infraestructura y de medidas y actuaciones institucionales, frente a ello, se identifican tres grandes tipos de metodologías de consulta empleadas con mayor frecuencia para la recolección de información directa sobre hogares y personas, con base en el enfoque de la programación de actividades y el encadenamiento de viajes derivados de ello:

1. Encuestas de preferencias reveladas y declaradas, especialmente diseñadas para hogares y usuarios, que se ejecutan en medio físico, en etapas previas y posteriores al desarrollo de viajes y actividades.
2. Consultas a usuarios a través de diarios especialmente diseñados, para diligenciar en tiempo real y al finalizar los días de estudio, con medios de captura y registro computacional.
3. Captura de información de viajes y actividades en tiempo real empleando dispositivos de Posicionamiento Global GPS.

A continuación se detallan y describen los aspectos característicos para las metodologías de recolección de información identificadas.

6.1.2.1 METODOLOGÍAS SUSTENTADAS EN ENCUESTAS Y ENTREVISTAS DIRECTAS A HOGARES

Las metodologías de recolección de información que emplean procedimientos de consulta directa en medio físico a los usuarios de transporte que habitan en los hogares de un centro poblado, se han empleado con mayor frecuencia en distintas partes del mundo, en múltiples ocasiones se han realizado consultas en formatos que contemplan manifiestos de preferencias reveladas para describir comportamientos de

viaje existente, y declaradas, para vislumbrar tendencias y patrones de comportamiento frente a situaciones especiales.

Este tipo de metodologías cuentan con el mayor campo de aplicación en el mundo y se han llevado a cabo en distintas ciudades, con el objeto primordial de estudiar la demanda de viajes de personas a partir de la programación de las actividades diarias y el encadenamiento de los viajes derivados, a continuación se describen algunos de los casos de estudio que acuden a la metodología y procedimiento de recolección de información antes mencionado:

6.1.2.1.1 ESTUDIO DE DEMANDA BASADO EN ENCUESTA A HOGARES, PORTLAND, ESTADOS UNIDOS.

Uno de los primeros estudios de demanda de viaje basados en encuestas a hogares y que fueron empleados para la caracterización de demanda de viajes a partir de cadenas de viajes y la programación de actividades diaria, fue el realizado en Portland, Estados Unidos en el año de 1994.

Tal como lo mencionan Bowman, Bradley, Ben Akiva y otros (1998, p. 5), la encuesta en hogares se sustentó en la consulta de todos los miembros del hogar, cada uno de ellos, completaban un listado de toures realizados en dos días, considerando actividades principales de los cuales se derivaban. La encuesta se realizó en 5000 hogares.

Los autores mencionados (Bowman, Bradley, Ben Akiva y otros, 1998, p. 5) estudiaron la encuesta para caracterizar la demanda a partir de la conformación de un modelo basado en actividades, con base en encuesta y

para la ejecución de los análisis posteriores de encadenamiento de viajes y la programación de actividades, realizaron:

- Clasificación de hogares, personas, actividades, y localización.
- Clasificación de las actividades y secuencias de viajes en toures y patrones de actividad.
- Identificación de muestras de alternativas de destino por modo con base en modelos de escogencia y modelos de localización de paradas de actividad intermedias.
- Relación de usos del suelo a los toures originales y a alternativas de localización asociadas a destinos de paradas de actividad intermedias.
- Relación zona a zona de tiempos de viaje, costos y distancias a todas las parejas de toures con origen/destino posibles.

Para la caracterización de los viajes encadenados, los toures y las actividades relacionadas, se definieron los propósitos que se listan a continuación (Keith, Lawton, 1997, p. 6):

Mantenimiento del Hogar

- Comida
- Trabajo
- Relaciones de Trabajo
- Compras (general)
- Compras (especiales)
- Servicios personales
- Cuidado médico
- Servicios profesionales
- Negocios personales y/o del hogar
- Mantenimiento del hogar

- Obligaciones del Hogar
- Buscar o dejar a alguien.

Enriquecimiento Personal

- Estudio
- Cultura
- Religión/Servicio Civil
- Civismo

Actividades sociales

- Visitas
- Entretenimiento casual
- Entretenimiento formal

Recreación y otras diversiones

- Diversiones, basados en el hogar
- Diversiones, no basados en el hogar
- Pasatiempos o hobbies
- Ejercicios/deporte
- Descanso y relajación
- Observar eventos deportivos
- Fuera de áreas de viaje

Otros

- Viajes accidentales
- Ir a otros viajes

Tal como lo menciona Kieth Lawton (1997, p. 7) Frente al viaje como Actividad, durante la encuesta de Portland se evidenció que los encuestados tuvieron dificultad con el concepto de viaje sin considerarlo como una actividad en sí. El formato empleado preguntaba por la primera actividad del día, luego preguntaba si requería de viaje, y de ser así, se recolectaban los detalles del viaje, luego se preguntaba qué hizo después, y si se requirió de viaje, para continuar con la misma estructura de consulta.

6.1.2.1.2 ESTUDIO DE DEMANDA A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA OPFAST, QUEBEC, CANADÁ

Dos de las herramientas pioneras desarrolladas para la captura de información de demanda de viajes basados en cadenas de viajes y programación de actividades se aplicaron en Canadá, específicamente en las Ciudades de Toronto (CHASE) y Quebec (OPFAST), Roorda, Gosselin, Doherty y Otros (2005. p. 5) manifiestan que OPFAST por sus siglas en inglés "Observed and Perceived Flexibility of Activities in Space and Time", fue un instrumento de encuesta directa empleado en la Ciudad de Quebec, incluyó el registro de dos tipos de actividad; las anticipadas (programadas) y las ejecutadas, basada en el hogar y no basadas en el hogar.

Roorda, Gosselin, Doherty y Otros (2005, p. 6) sostienen que el instrumento recolectó información de los encuestados frente a las actividades planeadas y aquéllas que se realizaron efectivamente, a diferencia de CHASE, este instrumento empleaba formatos de diseño en papel para que todos los adultos del hogar los diligenciaran, luego se digitalizaban vía fax para ser analizados en el laboratorio de estudio.

Los usuarios entrevistados dispusieron de un promedio aproximado de tiempo de 1.5 a 2 horas para responder la encuesta, que tuvo lugar después

de que el periodo de observación terminara, el procedimiento se desarrolló en dos etapas, en la primera, los encuestadores trabajaban uno a uno con los encuestados para registrar en retrospectiva el detalle de los atributos asociados a la planeación de actividades, permitiendo la captura de percepciones de los individuos frente a flexibilidades espaciales y temporales.

La segunda parte de la entrevista se enfocó en una discusión simultánea que involucraba a todos los participantes del hogar, para apreciar la planeación y programación de actividades en general y en prospección.

Rooda, Gosselin, Doherty y Otros (2005, p.7) describen que el paquete de encuesta OPFAST contenía en primer lugar el levantamiento de información del hogar y de los miembros del mismo, sus vehículos, la localización, y el repertorio de actividades asociadas a cada individuo, los encuestados se seleccionaban con edades superiores a los 15 años.

Posteriormente, se entregaba al encuestado seis (6) formatos de planeación de la semana organizados, contenían a un primer formato que incluía la programación de actividades previa para diligenciar las siguientes seis noches, con apartes que permitieron registrar cambios en los patrones de actividad (agregar, modificar, eliminar), de igual manera se suministró un segundo formato de captura en el cual se le solicitaba a los sujetos de análisis diligenciar y registrar las actividades y viajes ejecutados al finalizar el día. Los instrumentos en medio físico corresponden a los presentados en la Ilustración 11.

Ilustración 11. Dos Formatos físicos empleados en la ciudad de Quebec para levantar información de usuarios en la herramienta OPFAST.

N° Individu :
N° Ménage :

12 au 18 juin Prénom :

| Lund. | Mardi. | Mercredi. |
|-----------|-----------|-----------|
| 3h00 | 3h00 | 3h00 |
| 4h00 | 4h00 | 4h00 |
| 5h00 | 5h00 | 5h00 |
| 6h00 | 6h00 | 6h00 |
| 6h30 | 6h30 | 6h30 |
| 7h00 | 7h00 | 7h00 |
| 7h30 | 7h30 | 7h30 |
| 8h00 | 8h00 | 8h00 |
| 8h30 | 8h30 | 8h30 |
| 9h00 | 9h00 | 9h00 |
| 9h30 | 9h30 | 9h30 |
| 10h00 | 10h00 | 10h00 |
| 10h30 | 10h30 | 10h30 |
| 11h00 | 11h00 | 11h00 |
| 11h30 | 11h30 | 11h30 |
| 12h00 | 12h00 | 12h00 |
| 12h30 | 12h30 | 12h30 |
| 13h00 | 13h00 | 13h00 |
| 13h30 | 13h30 | 13h30 |
| 14h00 | 14h00 | 14h00 |
| 14h30 | 14h30 | 14h30 |
| 15h00 | 15h00 | 15h00 |
| 15h30 | 15h30 | 15h30 |
| 16h00 | 16h00 | 16h00 |
| 16h30 | 16h30 | 16h30 |
| 17h00 | 17h00 | 17h00 |
| 17h30 | 17h30 | 17h30 |
| 18h00 | 18h00 | 18h00 |
| 18h30 | 18h30 | 18h30 |
| 19h00 | 19h00 | 19h00 |
| 19h30 | 19h30 | 19h30 |
| 20h00 | 20h00 | 20h00 |
| 21h00 | 21h00 | 21h00 |
| 22h00 | 22h00 | 22h00 |
| 23h00 a + | 23h00 a + | 23h00 a + |

scrire le lieu et le type d'activité. Ajouter soit le prénom de chaque chez vous, ex : 2 collègues, voisine, belle-mère.

Version du 02-02-08

CARNET JOURNALIER DES ACTIVITES ET DES DEPLACEMENTS

Prénom : N° Individu : N° Ménage : Date 16 juin 2003

| Jour de la semaine | | Type | Mode |
|--------------------|---------|-----------------|--------|
| Debut | 6 h 45 | LUER | — |
| Fin | 7 h 45 | Accompagnant(s) | — |
| Debut | 7 h 45 | TRAVAIL | — |
| Fin | 16 h 00 | Accompagnant(s) | — |
| Debut | 16 h 15 | entraînement | — |
| Fin | 17 h 30 | Accompagnant(s) | — |
| Debut | 17 h 30 | CLUB AVANTAGE | — |
| Fin | 19 h 30 | Accompagnant(s) | — |
| Debut | 19 h 40 | SCUPEL | — |
| Fin | 19 h 00 | Accompagnant(s) | — |
| Debut | 19 h 00 | MARCHÉ | MARCHÉ |
| Fin | 20 h 00 | Accompagnant(s) | maman |
| Debut | 20 h 00 | vidéo | — |
| Fin | 20 h 10 | Accompagnant(s) | maman |
| Debut | 20 h 35 | coucher | — |
| Fin | — | Accompagnant(s) | — |

Paper instruments, as faxed daily to the survey office

Left: Last 3 days of 7-day activity planning sheet, in its original state before any updating (slightly reduced)
Right: Executed activity/travel schedule for Monday (reduced 50%)
Room for 8 Activities per sheet: continuation sheets provided

Fuente: Roorda, Gosselin, Doherty y Otros. Travel/Activity Panel Surveys in the Toronto and Quebec City Regions: Comparison of Methods and Preliminary Results. Appendix B. Paper instrument as faxed daily to the survey office. 2005.

Al final de la semana se compilaban los documentos en formato físico, eran validados, la información cuantitativa y cualitativa espacial/temporal se agregaba a una base de datos diseñada en el sistema ACCESS.

6.1.2.1.3 ESTUDIO BASADO EN ENCUESTAS A USUARIOS DEL TRANSPORTE, WASHINGTON, ESTADOS UNIDOS

Tal como lo mencionan Kumar y Levinson (1995, p. 28) el estudio de demanda de transporte de personas a partir de viajes encadenados, se basó en el análisis de encuesta a hogares conducidas en el área Metropolitana de Washington, 1987 - 1988, el estudio contenía una muestra de 8000 hogares que reportaron aproximadamente 55.000 viajes.

Cada hogar se asignaba a viajes dentro de las 24 horas del día, y los integrantes del mismo eran sometidos a reportar todos los viajes realizados, el viaje se definió como el desplazamiento en una dirección a otras. Por otra parte, la localización de origen y destino eran reportados con propósito y tiempo de viaje. La información del propósito de viaje finalizando en origen o destino se utilizó para identificar cadenas de viaje.

Se creó una estructura de archivo para agrupar la información de viajes en número dado de archivos separados, cada uno identificado con un propósito de origen y destino. Todos los viajes con propósito trabajo como destino último en el periodo pico de la mañana (06:00 a 09:00) y trabajo como el propósito de origen durante el periodo pico de la tarde (15:30 a 18:30) fue identificado.

Los viajes se consideraron encadenados si ellos involucraban múltiples actividades de no transporte, transferencias de bus a tren, o de tren a pie no se consideró como nodo de cadena de viaje.

Kitamura (1989) entre otros, sugirieron que existe un campo espacio - temporal, donde los viajeros consolidan viajes para ahorrar tiempo, esto depende de la condición de accesibilidad de los sectores, entre mayor accesibilidad los tiempos de viaje se reducen y la cantidad de viajes que se pueden realizar se incrementa.

Finalmente con el análisis de datos generados a partir de la encuesta, se generó una descripción de los patrones de viaje, los encadenamientos de viajes y los atributos de las actividades asociadas, permitiendo realizar análisis orientados al desarrollo de múltiples actividades de desplazamiento diario en la muestra de población analizada.

6.1.2.1.4 ESTUDIO BASADO EN ENCUESTAS DOMICILIARIAS, AUSTIN, ESTADOS UNIDOS

Rong y Mahmassani (1996) indican que las encuestas llevadas a cabo en Dallas y Austin, se aplicaron en 13000 y 3000 hogares respectivamente. El cuestionario empleado contenía el viaje de partida y tiempos de arribo, descripción de arco por arco para las rutas empleadas, localización, propósito, y tiempos de arribo y partida para paradas en cadenas de viaje multipropósito (incluida localización de la parada y tiempo de ejecución).

Se realizó estudio de encadenamiento de viajes, con la limitación de que se consideraron viajes con origen destino, hogar y trabajo, las paradas intermedias del viaje se refería a detenciones no basadas en el trabajo.

6.1.2.1.5 ESTUDIO BASADO EN ENCUESTAS A HOGARES TUCSON, ESTADOS UNIDOS

Los resultados del estudio de demanda de viajes llevado a cabo en Tucson, Arizona. Estados Unidos, que se sustentó en encuesta a hogares hacia el año 2000, fue empleada por Lee, Hickman y Washington (2007, p. 6) para estudiar el comportamiento de viajes de la población a partir de cadenas de viajes.

Tal como lo mencionan los investigadores Lee, Hickman y Washington (2007, p. 6), a los encuestados se les consultó por las actividades de las 24 horas del día, iniciando desde las 03:00 del primer día a 03:00 del segundo. Reportaron su participación en actividades a partir de 13 categorías de actividades pre definidas: transportarse (conducir, transporte en bicicleta, caminata, vuelo), alimentarse, trabajo, estudio, actividades personales (cuidado personal, asuntos del hogar y cuidado de otros), negocios personales, actividades generadas por internet, actividades civiles y

religiosas, compras, asuntos médicos, recreación y/o entretenimiento, dejar o buscar a alguien (algo) y dormir.

Para la ejecución de los estudios, las actividades fueron divididas por los autores en dos grandes grupos: actividades basadas en el hogar y no basadas en el hogar.

Las actividades basadas en el hogar se estudiaron a partir de las categorías:

1. Subsistencia: incluyen trabajo y estudio.
2. Mantenimiento: asociadas a buscar o dejar a alguien, actividades personales, compras.
3. Discrecionales: relacionadas en principio con actividades civiles y religiosas, recreación y entretenimiento.

Por otra parte, los hogares se categorizaron en cinco grupos a partir de las condiciones laborales de las personas cabezas de hogar a saber:

1. Hogares con una persona cabeza de hogar que no trabaja.
2. Hogares con una persona cabeza que trabaja.
3. Hogares con una pareja cabeza de hogar que no trabajan.
4. Hogares con una pareja cabeza de hogar, con uno trabajando.
5. Hogares con una pareja cabeza de hogar, ambos trabajando.

Una vez aplicados los formatos de captura de información con base en el enfoque conceptual establecido, se procedió con el análisis de información para describir los patrones de viaje y movilización de la muestra de población estudiada.

6.1.2.1.6 ESTUDIO BASADO EN ENCUESTA EN HOGARES, ÁREA METROPOLITANA DE BOSTÓN, ESTADOS UNIDOS.

En el año de 1995, Bowman (p. 47) empleó datos generados por la encuesta de viajes llevada cabo en el Área Metropolitana de Bostón, Estados Unidos de 1991, en el procedimiento se recolectó información para constituir diarios de viaje de personas e información de desempeño del sistema de transporte.

En el diario de la encuesta, una muestra seleccionada de hogares reportó información socioeconómica básica de los hogares, y para cada uno de los miembros del hogar, se realizó la consignación de datos para un diario de 24 horas que permitían incorporar las actividades y los viajes correspondientes efectuados. Todas las actividades que tenían viajes asociados fueron reportadas, incluyendo su propósito, localización, duración, costos y sentidos de viaje para cada actividad, y modos e intercambios modales.

Algunos hogares junto con su información relacionada, fueron omitidos de los análisis por presentar viajes por fuera de las zonas de estudio, al igual, para aquéllos en los cuales se consideró la existencia de información inconsistente.

6.1.2.1.7 ESTUDIO BASADO EN ENCUESTAS Y DIARIOS DE VIAJES REALIZADA EN LA REGIÓN DEL SUR DE ROTTERDAM, HOLANDA

Corresponde al estudio de demanda de viajes desarrollado en las municipalidades de Hendrick - Ido - Ambacht y Zwijndrecht en la región del sur de Rotterdam, se recolectó información de diarios de actividad de los individuos que sirvieron de sustento para desarrollar el modelo de Albatross (Arentze y Timmermans, 2000 citado en Janssens, Wets y otros, 2005, p. 7).

Tal como lo indican Janssens, Wets y otros (2005; p. 8), los datos involucraban un diario completo de actividades que incluyeron aquellas basadas y no basadas en el hogar, los encuestados fueron consultados por cada una de las actividades sucesivas brindando información de la naturaleza de la misma, el viaje realizado y del medio de transporte empleado.

Un esquema de pre codificación fue utilizado en este caso para el reporte de actividades por parte de los usuarios, dieciocho (18) clases distintas de actividades y cinco modos de transporte fueron discriminados.

Dentro de las actividades se encontraban: trabajo, estudio basado en el hogar, traer o dejar personas o bienes, compras diarias, compras no diarias, actividades de servicios, visitas médicas, comer o beber, dormir, ocio, asuntos del hogar, asuntos personales no basados en el hogar, visitas sociales, traer visitas sociales, trabajos y estudios no basados en el hogar, otros y actividades desconocidas.

Por su parte, los medios de transporte reportados se incluían dentro de las categorías: carro, como conductor o pasajero, a pie, bicicleta, y transporte público.

La muestra empleada para el estudio contenía 1847 diarios de personas, a partir de los cuales se realizaron las matrices de probabilidad de transición para la descripción de las categorías de viajes y actividades distinguidas.

6.1.2.2 METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN A PARTIR DE HERRAMIENTAS COMPUTARIZADAS

Las metodologías de referencia involucran instrumentos de captura de información diseñados en medio magnético o virtual asociados a la consulta de preferencias declaradas, y reveladas en distintos horizontes temporales, que deben ser diligenciados por los mismos usuarios que hacen parte de la muestra de análisis, se caracterizan por permitir modificaciones de datos en tiempo real y el análisis de los mismos en cualquier instante, requieren así mismo, de equipos computacionales para la captura. En seguida se presenta y describe uno de los procedimientos de estudio realizado:

6.1.2.2.1 ESTUDIO DE DEMANDA A PARTIR DE LA HERRAMIENTA CHASE, TORONTO, CANADÁ

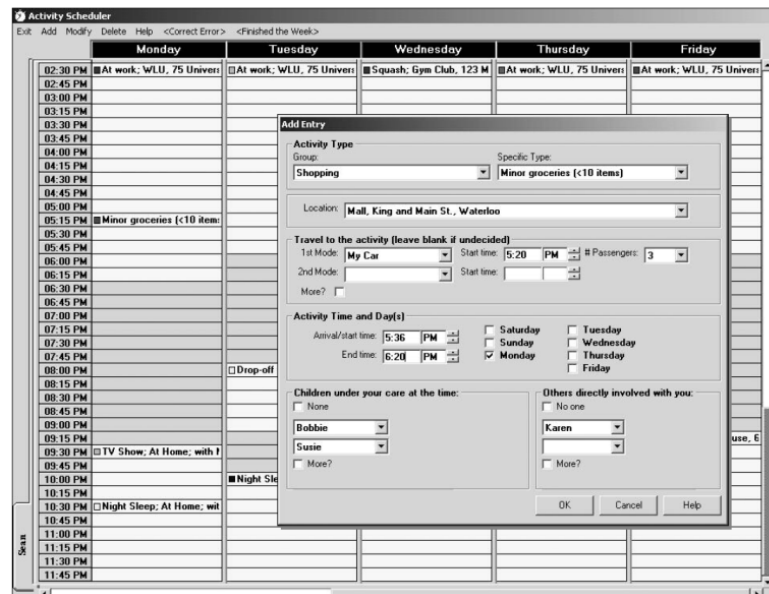
Doherty y Mohammadian (2007, p. 5) indican que entre los años 2002 y 2003 fue llevado a cabo en Toronto, Canadá, el estudio Computarizado de Programación de Actividades del Hogar (CHASE por sus siglas en inglés Computerized Household Activity Scheduling Elicitor), es un instrumento computacional que se diseñó para aplicarse en el área de Toronto, corresponde a una encuesta en la que el proceso de programación de actividades es observado y se comprueba si ocurre en realidad sobre la muestra, con base en el registro de patrones de actividad y viajes reales.

Surgió como uno de los estudios de la nueva clase de programación de actividades que implica condiciones interactivas con los sujetos de estudio (aplicadas en Estados Unidos, Canada, Europa), Doherty expresa (2003, p. 4) que lo que distingue a este tipo de estudios es la focalización sobre el seguimiento de decisiones de programación de actividades que reportan los usuarios y como ocurren en realidad, para ello se consideran procesos de adición, modificación, actualización y cancelación de actividades en el tiempo

y espacio para generar finalmente patrones de actividad y viajes observados. Típicamente, los estudios involucraban una interfaz computarizada que podían actualizar los usuarios de estudio en tiempo real.

El estudio CHASE, se orientó a la captura de información para varios días con base en patrones de viaje observados, mientras se hacía seguimiento a un proceso de programación de actividades previo, esto se hacía a través del registro de la programación en un sistema computacional, allí mismo podían reportar decisiones instantáneas durante el transcurso de 7 días, de esta forma, el sistema permitía definir en qué momento las decisiones de programar actividades se materializaban y se contrastaban con los esfuerzos previos de planificación realizados por los encuestados. La Ilustración 12 presenta la interfaz empleada por el sistema para la captura y presentación de información a los usuarios.

Ilustración 12. CHASE pantalla principal de captura de información que incluye los días, actividades y sus atributos.



Fuente: Doherty y Mohammadian. The validity of using activity type to structure tour-based scheduling models. Annual Meeting of the Transportation Research Board. Figura 1. Año 2007.

Como lo menciona Doherty (2003, p. 4), el sistema recogía la información de los sujetos de análisis para conformar los campos de caracterización de aspectos socio-económicos del hogar, de viaje, y actividades típicas para cada uno de los integrantes del hogar, información que se consolidaba directamente en una base de datos.

A las personas que hicieron parte del estudio, se les suministró un computador portátil durante una semana para que pudieran mantener actualizado su comportamiento de programación en el sistema de CHASE, los usuarios estaban invitados a acceder al programa durante todos y cada uno de los días de estudio de modo preferible. Los encuestados debían incluir todas aquellas actividades que ostentaran una duración superior a los 10 minutos.

Los usuarios de transporte encuestados, tenían la capacidad de agregar, modificar o borrar actividades en cualquier instante sobre su cuadro de programación con base en la evolución de sus planes durante los días de estudio. La Ilustración 13 presenta el cuadro de dialogo del sistema diseñado para incluir nuevas actividades y viajes con atributos y/o para modificarlas.

Ilustración 13. CHASE cuadro de diálogo para incorporar adiciones o modificaciones de viajes y actividades.

The screenshot shows a dialog box titled "Add Entry" with the following fields and options:

- Activity Type:** Group: Shopping, Specific Type: Grocery
- Location:** ABC Market, 123 Main St., Toronto
- Travel to the activity (leave blank if undecided):**
 - 1st Mode: My Car, Start time: 5:10 PM, # Passengers: 1
 - 2nd Mode: (empty), Start time: (empty)
 - More?
- Activity Time and Day(s):**
 - Arrival/start time: 5:25 PM, End time: 6:00 PM
 - Days: Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday, Saturday, Sunday, Monday
- Children under your care at the time:** None
- Others directly involved with you:** Carol

Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: Doherty, Nemeth, Roorda y Miller. Design and assessment of the Toronto Area Computerized Household Activity Scheduling Survey. Annual Meeting of the Transportation Research Board. Figura 2. Año 2004.

Tal como lo mencionan Doherty y Mohammadian (2007, p. 5), el estudio permitió establecer si se obtenían las secuencias de planificación establecidas por los individuos, de este manera, cuando los usuarios agregaban actividades nuevas al sistema, se les consultaba cuándo habían planeado originalmente esta actividad, asociando las precisiones temporales del día de ejecución de la misma, todo con la finalidad de establecer en qué momento fue planeada la actividad.

Los tipos de actividad para el estudio se discriminaron en nueve grupos específicos principales, entre estos: trabajar/estudiar, servicios, recreación/entretenimiento/social, necesidades básicas, obligaciones del hogar, dejar o tomar algo, y otros. Manteniendo el enfoque de los modelos basados en toures, estas actividades se asociaron a las categorías mencionadas por Doherty y Mohammadian (2007, p. 7), que se relacionan a continuación:

- Actividades obligatorias: trabajo, teletrabajo, trabajo voluntario, estudio, estudio y trabajo, entrenamiento, clases especiales, otros relacionados al trabajo y estudio.
- Actividades de mantenimiento: relacionadas con lavar, comer, limpiar, mantenimiento, preparación de comida, atender a niños, atender a mascotas, obligaciones del hogar, recoger o dejar a alguien o algo, compra de más de 10 bienes, menos de 10 bienes, compras para el hogar, compra de ropa y objetos personales, compra de medicamentos, otras compras, atención médica, corte de cabello estilista, diligencias bancarias, otros servicios.
- Actividades discrecionales: asociadas a la compra de alimentos para el hogar, almuerzo, restaurante, tiendas, actividades religiosas, pasatiempos, ejercicio y actividad deportiva, eventos, visita a parques, ver videos, leer, conectarse a la internet, otras actividades de recreación y entretenimiento, visitar gente, eventos sociales, visita a clubes, llamadas telefónicas, conducir por placer y otras actividades sociales.

Los datos generados se emplearon para definir el comportamiento de los patrones de viaje de la población a partir de las actividades diarias y la ejecución de viajes derivados, de igual forma, se realizaron los análisis de la programación de actividades y las tasas de materialización de los esfuerzos de planificación que realizaban los usuarios de la muestra de estudio.

6.1.2.3 METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN SUSTENTADAS EN EL USO DE DISPOSITIVOS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS

Finalmente, el tercer grupo de metodologías de recolección de información de demanda de viajes de personas se relaciona al levantamiento y captura de información a partir de dispositivos de posicionamiento Global

GPS, para tal caso, se realiza una captura de desplazamientos en tiempo real y para la cual el usuario de estudio debe realizar el registro de los atributos de actividades y desplazamientos consecutivos, dependen directamente de la disponibilidad del individuo para empelar el dispositivo durante su jornada diaria. A continuación se describe un caso de estudio que ilustra el procedimiento descrito:

6.1.2.3.1 ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE VIAJE, SYDNEY, AUSTRALIA

Tal como lo menciona Roorda, Gosselin, Doherty y Otros (2005, p. 7) los dispositivos GPS se emplearon en el estudio de programación de actividades y cadenas de viajes en Toronto, Canadá, para realizar el seguimiento a una muestra de 12 individuos. El objetivo original de esta investigación fue el de explorar el desarrollo de algoritmos que permitieran detectar los patrones de actividad a partir de los datos del GPS.

De igual manera, se pretendía establecer que tanta información podría ser incorporada en los estudios de programación de actividades en el futuro, con la intención de mejorar los procedimientos existentes.

Este tipo de procedimiento empleado permitió realizar los análisis de patrones de actividad y los atributos de los viajes encadenados, a través de herramientas complementarias como los Sistemas de Información Geográfica GIS, permitiendo de este modo realizar una revisión del muestreo bajo las condiciones espaciales y temporales existentes durante las mediciones.

6.2 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE METODOLOGÍA PARA APLICAR AL CASO COLOMBIANO

Una vez identificadas los dos grandes grupos de metodologías y procedimientos empleados para efectuar la recolección de información de demanda de viajes de personas, el primero asociado a los procesos tradicionales que contempla el viaje individual como la unidad de análisis fundamental, y el segundo que involucra la programación de actividades diarias y las cadenas de viajes derivados como la unidad de análisis, se procede, en el presente capítulo con la evaluación y comparación de las metodologías del segundo grupo mencionado, con el fin de efectuar posteriormente la selección de una de ellas que sea objeto de aplicación en un grupo de prueba dentro del contexto colombiano.

El proceso de evaluación y comparación se realiza a través de un análisis multicriterio, que parte de la definición de aspectos de análisis cualitativos y cuantitativos, los cuales se ponderan a partir de una escala definida de valoración, cada criterio en revisión se relaciona a un valor por alternativa de estudio. Es necesario aclarar que el procedimiento se encuentra determinado por las percepciones y ejercicios lógicos de quién participa en el proceso de evaluación.

Finalmente, todas las alternativas (metodologías) de aplicación obtienen un puntaje ponderado acumulado, para este caso, se selecciona aquella que ostente el mayor puntaje, y por consecuencia, las condiciones más favorables de aplicación con respecto a los criterios definidos y evaluados. Sobre la metodología escogida, se realiza el diseño adaptado para aplicar en un grupo poblacional seleccionado como grupo de prueba y análisis para el contexto nacional y local.

6.2.1 CRITERIOS PARA EVALUAR Y COMPARAR ALTERNATIVAS

Partiendo de los requerimientos técnicos para la evaluación y comparación de alternativas de metodologías aplicables por medio de la Matriz Multicriterio, se definen los criterios cuantitativos y cualitativos no cuantificables, con base en aspectos que inciden dentro de los procedimientos de captura y recolección de información, su posterior análisis y alcance.

En este orden de ideas, se identifican los criterios con relación a los agentes involucrados en el proceso de recolección de información, se discriminan de este modo criterios que inciden sobre los usuarios objeto de consulta y la comunidad en general, los ejecutores de las consultas y finalmente sobre el Estado y entes de planificación.

Teniendo en consideración la cantidad total de aspectos a evaluar, la naturaleza de los criterios identificados y la importancia relativa de ellos para cada uno de los agentes que confluyen en el proceso de recolección de información, se asignan los porcentajes de ponderación, frente a lo cual las mayores magnitudes están asociadas a aquéllos criterios que contribuyen en mayor medida, al cumplimiento de objetivos y necesidades particulares de los agentes que participan y presenta dependencia a distintos niveles del proceso de recolección de la información.

En la Tabla 1, Tabla 2 y

Tabla 3 se presentan los criterios de carácter objetivo y subjetivo que se emplearán en el proceso de evaluación, comparación y contraste de las metodologías aplicables al contexto colombiano que consideran las cadenas de viajes como la unidad de análisis fundamental con relación a cada tipo de agente identificado, se referencia la clasificación correspondiente de cada criterio, el valor porcentual de ponderación de cada uno, la escala de valoración que involucra tres (3) posibles calificaciones asociadas a una condición óptima, una intermedia y otra desfavorable, y la justificación para la escala de valoración establecida.

La definición de criterios y la justificación de los posibles valores a asignar a cada uno de ellos, se sustenta en las condiciones predominantes que percibidas durante la ejecución de los trabajos de campo y de recolección de información en algunos centros poblados colombianos.

Tabla 1. Criterios definidos para la evaluación y comparación de metodologías aplicables, asociados a los usuarios y comunidad en general

| CRITERIO | | | PONDERACIÓN | VALOR | JUSTIFICACIÓN |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | CLASIFICACIÓN | | | |
| USUARIOS Y COMUNIDAD EN GENERAL | Tiempo requerido de los usuarios para la consignación de la información. | Objetivo | 35% | 0 | Implica el mayor tiempo requerido por parte de los usuarios a los que se consulta |
| | | | | 5 | Implica duraciones intermedias de tiempo por parte de los usuarios a los que se consulta |
| | | | | 10 | Implica el menor tiempo requerido por parte de los usuarios consultados |
| | Generación de incomodidades frente al proceso de recolección de información. | Subjetivo | | 0 | Asociado a procedimientos que conllevan a niveles máximos de incomodidad a los usuarios durante las consultas |
| | | | | 5 | Asociado a procedimientos que generan ciertas condiciones de incomodidad a los usuarios durante las consultas |
| | | | | 10 | Asociado a procedimientos que conllevan a bajos niveles de incomodidad a los usuarios durante las consultas |
| | Nivel de apoyo para la comprensión de formularios y procedimientos de consulta. | Objetivo | | 0 | Se requieren grandes esfuerzos para apoyar y guiar las consultas a los usuarios |
| | | | | 5 | Se requieren de algunos esfuerzos para apoyar y guiar las consultas a los usuarios |
| | | | | 10 | No requiere de grandes esfuerzos para apoyar y guiar las consultas a los usuarios |
| | Posibilidad de capturar de percepciones adicionales de los usuarios a través de la metodología de recolección. | Objetivo | | 0 | Genera la mayor variedad de beneficios a partir de información susceptible de análisis profundos |
| | | | | 5 | Genera una cantidad importante de beneficios a partir de la información recolectada |
| | | | | 10 | Genera la menor variedad de beneficios a partir de la información recolectada |
| | Requerimiento de instrumentos y equipos propios de los usuarios para realizar actividades de diligenciamiento de la información | Objetivo | | 0 | Requiere de dispositivos tecnológicos e instrumentos de difícil acceso por parte de los usuarios en general |
| | | | | 5 | Requiere de dispositivos tecnológicos e instrumentos con un nivel de accesibilidad aceptable por parte de los usuarios |
| | | | | 10 | No requiere de dispositivos tecnológicos e instrumentos de difícil acceso por parte de los usuarios en general |
| | Requerimientos de niveles de formación de los usuarios para garantizar resultados confiables del proceso de recolección de información. | Objetivo | | 0 | Se requieren altos niveles de formación, asociados a la educación superior |
| | | | | 5 | se requieren niveles de formación de educación básica y media |
| | | | | 10 | No se requieren niveles de formación |
| | Confiabilidad de la disponibilidad de los usuarios para hacer parte del proceso de recolección de información. | Subjetivo | | 0 | El procedimiento dificulta la disponibilidad de respuesta de los usuarios, los resultados dependen directamente de ello. |
| | | | | 5 | El procedimiento cuenta con dependencias a la disponibilidad de respuesta de los usuarios en algunos componentes. |
| | | | | 10 | El procedimiento no dificulta la disponibilidad de respuesta de los usuarios, además que no depende directamente de ello. |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Criterios definidos para la evaluación y comparación de metodologías aplicables, asociados a los ejecutores directos de la recolección de información

| CRITERIO | | | PONDERACIÓN | VALOR | JUSTIFICACIÓN | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | CLASIFICACIÓN | | | | |
| EJECUTOR DIRECTO DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | Facilidades en el control del proceso de recolección de la información para garantizar estándares de confiabilidad aceptables. | Objetivo | 25% | 5% | 0 | Existen pocos instrumentos y mecanismos para controlar la generación de información confiable por parte de usuarios |
| | | | | 5 | Existen algunos mecanismos para controlar la generación de información confiable por parte de usuarios | |
| | | | | 10 | Existe una amplia variedad de mecanismos para controlar la generación de información confiable por parte de usuarios | |
| | Flexibilidad para realizar cambios y ajustes en el proceso de recolección de información antes, durante y después de la ejecución. | Objetivo | | 5% | 0 | Existe imposibilidad para recoger modificaciones y ajustes en el proceso de recolección de información |
| | | | | 5 | Es posible realizar algunas modificaciones o ajustes en el proceso de recolección de información | |
| | | | | 10 | Existe la posibilidad de recoger modificaciones y ajustes en el proceso de recolección de información | |
| | Maximización de eficiencia en la ejecución de las labores de recolección de información. | Subjetivo | | 3% | 0 | Se requiere una cantidad alta de personal y de equipos para la recolección de la información |
| | | | | 5 | Se requiere de una cantidad importante de personal o de equipos para la recolección de información | |
| | | | | 10 | Se necesita una cantidad baja de personal y de equipos para la recolección de la información | |
| | Niveles de consumo de recursos humanos, materiales y energía para llevar a cabo la recolección de información. | Objetivo | | 2% | 0 | Se generan altos consumos de energía eléctrica, de personal requerido por hogar y de instrumentos especiales |
| | | | | 5 | Se generan consumos de energía y de personal por hogar, no se necesitan instrumentos especiales | |
| | | | | 10 | Se generan bajos consumos de energía eléctrica, de personal por hogar y no se necesitan instrumentos especiales | |
| | Presencia de factores exógenos que dificulten los procesos de recolección de información (pérdidas de energía eléctrica, dependencia de baterías, fallas en dispositivos, etc.). | Objetivo | | 2% | 0 | El procedimientos es susceptible de alteración por una amplia gama de factores externos |
| | | | | 5 | El procedimientos es susceptible de alteración por algunos factores externos | |
| | | | | 10 | El procedimientos no es susceptible de alteración por factores externos | |
| Complejidad de procesos de diseño de la captura de información | Objetivo | 5% | 0 | Se requieren amplios esfuerzos de diseño especializado y labores previas para la preparación de los instrumentos de recolección | | |
| | | 5 | Se requieren amplios esfuerzos de diseño y labores previas para la preparación de los instrumentos de recolección de info. | | | |
| | | 10 | Se requieren bajos esfuerzos de diseño y labores previas para la preparación de los instrumentos de recolección de info. | | | |
| Requerimientos de niveles de formación del personal que lleva a cabo directa o indirectamente el proceso de recolección de información. | Objetivo | 3% | 0 | Se requiere de personal con alto nivel de formación académica para las labores de recolección de información | | |
| | | 5 | Se requiere persona con niveles de formación de educación técnica y tecnológica para la recolección de información | | | |
| | | 10 | No se requiere de personal con niveles de educación superior para las labores de recolección de información | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Criterios definidos para la evaluación y comparación de metodologías aplicables, asociados al Estado y los Entes de Planificación

| CRITERIO | | | PONDERACIÓN | VALOR | JUSTIFICACIÓN |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | CLASIFICACIÓN | | | |
| ESTADO Y ENTES DE PLANIFICACIÓN | Alcance de los análisis técnicos con base en la información recolectada. | Objetivo | 40% | 0 | Se generan insumos que permiten ahondar en pocos aspectos de análisis a escala local |
| | | | | 5 | Se generan insumos que permiten ahondar en aspectos de análisis de escala general y en menor medida local |
| | | | | 10 | Se generan insumos que permiten ahondar en múltiples aspectos de análisis a escala local y general |
| | Generación de insumos técnicos para facilitar la gestión institucional a escala local, general e interregional. | Objetivo | | 0 | Se generan insumos que facilitan procesos de gestión únicamente a escala general |
| | | | | 5 | Se generan insumos que facilitan procesos de gestión a escala local y general |
| | | | | 10 | Se generan insumos que facilitan procesos de gestión a escala local, general e interregional |
| | Identificación de necesidades de transporte e infraestructura para distintos grupos poblacionales. | Objetivo | | 0 | Se atiende en cobertura a pocos representantes de los grupos poblacionales |
| | | | | 5 | Se atiende en cobertura a varios representantes de los grupos poblacionales |
| | | | | 10 | Se atiende en cobertura a representantes de la mayor parte de los grupos poblacionales |
| | Requerimiento de recursos y partidas (personal, instrumentos, herramientas) para la ejecución de los procedimientos de recolección de información en el local. | Objetivo | 0 | Procedimientos que requieren de altos niveles de recursos y partidas, que involucran instrumentos de alto costo | |
| | | | 5 | Procedimientos que requieren de recursos importantes que no involucran instrumentos de alto costo | |
| | | | 10 | Procedimientos que requieren de bajos niveles de recursos y partidas y ningún instrumento de alto costo | |
| | Flexibilidad y facilidad para reproducir el procedimiento de recolección de información en distintos periodos y zonas de estudio. | Objetivo | 0 | El procedimiento cuenta con característica que dificultan su reproducción y aplicabilidad en distintas zonas y entes territoriales | |
| | | | 5 | El procedimiento cuenta con característica que permiten su reproducción y aplicabilidad en algunas zonas y entes territoriales | |
| | | | 10 | El procedimiento cuenta con característica que facilitan su reproducción y aplicabilidad en cualquier zona y ente territoriales | |
| | Nivel de costos marginales para la generación de insumos de planificación con el proceso de recolección de información. | Objetivo | 0 | Los costos marginales asociados a la generación de insumos de información son los más altos en términos comparativos | |
| | | | 5 | Los costos marginales asociados a la generación de insumos de información son comparativamente, de magnitud media | |
| | | | 10 | Los costos marginales asociados a la generación de insumos de información son los más bajos en términos comparativos | |

Fuente: Elaboración propia

Se procede en seguida con la evaluación y comparación de los tres grupos de metodologías descritos en el aparte 6.1.2, con base en los criterios especificados.

6.2.1.1 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS APLICABLES

Partiendo de los criterios definidos se realiza la comparación a partir de la Matriz Multicriterio, para las tres alternativas generales de recolección de información que contemplan cadenas de viajes y programación de actividades, la primera; corresponde a los procedimientos sustentados en encuestas domiciliarias en medio físico y entrevista directa, la segunda; a aquéllos procedimientos que emplean fundamentalmente instrumentos de captura computacionales y herramientas tecnológicas, y finalmente, la tercera; en la que se efectúa la recolección de información con el registro en dispositivos de posicionamiento Global GPS.

La alternativa evaluada, calificada y ponderada, que obtenga el mayor puntaje, será considerada como la que brinda las condiciones más favorables para la recolección de información en el contexto de análisis. A continuación se ilustran los resultados obtenidos:

Tabla 4. Matriz para evaluación multicriterio desde perspectiva de usuarios y comunidad

| CRITERIO | | CLASIFICACIÓN | PONDERACIÓN | | METODOLOGÍA 1 ENCUESTA FÍSICA DIRECTA | | METODOLOGÍA 2 RECOLECCIÓN COMPUTARIZADA | | METODOLOGÍA 3 REGISTROS EN DISPOSITIVO GPS | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|----|---------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------|----------------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | | | | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. |
| | | | | | | | | | | |
| USUARIOS Y COMUNIDAD EN GENERAL | Tiempo requerido de los usuarios para la consignación de la información. | Objetivo | 35% | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 | 5 | 0,25 |
| | Generación de incomodidades frente al proceso de recolección de información. | Subjetivo | | 5% | 5 | 0,25 | 10 | 0,5 | 5 | 0,25 |
| | Nivel de apoyo para la comprensión de formularios y procedimientos de consulta. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 0 | 0,0 | 0 | 0 |
| | Posibilidad de capturar de percepciones adicionales de los usuarios a través de la metodología de recolección. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 0 | 0,0 | 0 | 0 |
| | Requerimiento de instrumentos y equipos propios de los usuarios para realizar actividades de diligenciamiento de la información | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 5 | 0,3 | 5 | 0,25 |
| | Requerimientos de niveles de formación de los usuarios para garantizar resultados confiables del proceso de recolección de información. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 5 | 0,3 | 0 | 0 |
| | Confiabilidad de la disponibilidad de los usuarios para hacer parte del proceso de recolección de información. | Subjetivo | | 5% | 5 | 0,25 | 5 | 0,3 | 5 | 0,25 |
| SUBTOTAL | | | | | 60 | 3 | 35 | 1,8 | 20 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Matriz para evaluación multicriterio desde perspectiva del ejecutor directo de la recolección de información

| CRITERIO | | | PONDERACIÓN | METODOLOGÍA 1 ENCUESTA FÍSICA DIRECTA | | METODOLOGÍA 2 RECOLECCIÓN COMPUTARIZADA | | METODOLOGÍA 3 REGISTROS EN DISPOSITIVO GPS | | |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------|----------------|------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | CLASIFICACIÓN | | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. | |
| | | | | | | | | | | |
| EJECUTOR DIRECTO DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | Facilidades en el control del proceso de recolección de la información para garantizar estándares de confiabilidad aceptables. | Objetivo | 25% | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 | 5 | 0,25 |
| | Flexibilidad para realizar cambios y ajustes en el proceso de recolección de información antes, durante y después de la ejecución. | Objetivo | | 5% | 0 | 0 | 10 | 0,5 | 0 | 0 |
| | Maximización de eficiencia en la ejecución de las labores de recolección de información. | Subjetivo | | 3% | 0 | 0 | 10 | 0,3 | 5 | 0,15 |
| | Niveles de consumo de recursos humanos, materiales y energía para llevar a cabo la recolección de información. | Objetivo | | 2% | 10 | 0,2 | 5 | 0,1 | 5 | 0,1 |
| | Presencia de factores exógenos que dificulten los procesos de recolección de información (pérdidas de energía eléctrica, dependencia de baterías, fallas en dispositivos, etc.). | Objetivo | | 2% | 10 | 0,2 | 5 | 0,1 | 5 | 0,1 |
| | Complejidad de procesos de diseño de la captura de información | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Requerimientos de niveles de formación del personal que lleva a cabo directa o indirectamente el proceso de recolección de información. | Objetivo | | 3% | 10 | 0,3 | 5 | 0,15 | 0 | 0 |
| SUBTOTAL | | | | | 50 | 1,7 | 45 | 1,7 | 20 | 0,6 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Matriz para evaluación multicriterio desde perspectiva del Estado y entes de planificación

| CRITERIO | | | PONDERACIÓN | METODOLOGÍA 1 ENCUESTAS DIRECTA- | | METODOLOGÍA 2 RECOLECCIÓN | | METODOLOGÍA 3 REGISTROS EN | | |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | CLASIFICACIÓN | | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. | |
| | | | | | | | | | | |
| ESTADO Y ENTES DE PLANIFICACIÓN | Alcance de los análisis técnicos con base en la información recolectada. | Objetivo | 40% | 10% | 10 | 1 | 10 | 1 | 5 | 0,5 |
| | Generación de insumos técnicos para facilitar la gestión institucional a escala local, general e interregional. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 | 5 | 0,25 |
| | Identificación de necesidades de transporte e infraestructura para distintos grupos poblacionales. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 | 5 | 0,25 |
| | Requerimiento de recursos y partidas (personal, instrumentos, herramientas) para la ejecución de los procedimientos de recolección de información en el local. | Objetivo | | 10% | 10 | 1 | 5 | 0,5 | 5 | 0,5 |
| | Flexibilidad y facilidad para reproducir el procedimiento de recolección de información en distintos periodos y zonas de estudio. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 5 | 0,25 | 5 | 0,25 |
| | Nivel de costos marginales para la generación de insumos de planificación con el proceso de recolección de información. | Objetivo | | 5% | 0 | 0 | 10 | 0,5 | 5 | 0,25 |
| SUBTOTAL | | | | | 50 | 3,5 | 50 | 3,25 | 30 | 2,0 |
| TOTAL VALORACIÓN | | | | | 160 | 8,2 | 130 | 6,7 | 70 | 3,6 |

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO

Del análisis multicriterio efectuado se concluye:

- La metodología 1 obtuvo el mayor puntaje en el proceso, por tal motivo es considerada como la más conveniente para efectuar el proceso de recolección de información en el contexto de análisis. Ante esto, es el procedimiento que se selecciona y con la cual se realizará el proceso de recolección de información en hogares objetivo en la población de prueba colombiana para efectos de la evaluación de la aplicabilidad, finalidad del presente estudio.
- Frente a los criterios definidos desde las perspectivas de los agentes implicados en el proceso de recolección de información, se aprecia que para los usuarios y comunidad en general la metodología 1, ostenta las condiciones más favorables, principalmente por los bajos requerimientos técnicos que se requieren para llevar a cabo los procesos y la flexibilidad de capturar apreciaciones de los encuestados. Con respecto al ejecutor directo de la toma de información, las metodologías 1 y 2, cuentan con puntuaciones equivalentes, aspecto que indica la favorabilidad de ambas llevar a cabo los procedimientos, con posibilidades de realizar control sobre la generación de insumos y flexibilidad para ajustes en la marcha. Finalmente, desde la perspectiva del Estado y los entes de planificación, la metodología 1 ostenta la mejor condición seguida muy de cerca por la metodología 2.
- Para los actores identificados, la alternativa más favorable según la puntuación ponderada y no ponderada corresponde a la constituida por la metodología 1, seguida de la metodología 2 y finalmente, la metodología 3.

7 DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN APLICABLE AL CONTEXTO COLOMBIANO

A continuación se desarrollan los planteamientos conceptuales para efectuar la aplicación de la metodología de recolección de información seleccionada, la cual contempla la cadena de viajes como unidad fundamental de análisis que se deriva de un patrón de actividades diarias, para tal fin, se describe la población de prueba para el análisis, el tamaño de la muestra de prueba, la descripción del procedimiento a emplear junto con adaptaciones especiales, la descripción de los componentes de consulta y finalmente, los formatos de captura de información.

7.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN DE PRUEBA PARA LA APLICACIÓN

Con el fin de realizar una prueba de aplicabilidad de la metodología de recolección de información por cadenas de viajes, se selecciona un grupo de hogares de una población colombiana que atiende características tipo predominantes de una parte importante de las familias colombianas, y que consecuentemente acuden la descripción del ámbito colombiano, entre las características de selección de la población de prueba se encuentran.

- Estratificación socioeconómica baja-baja, baja, media – baja y media, (entre 1, 2, 3 y 4). Que corresponde a cerca del 74% de la población según cifras NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) DANE, que habita en la extensión del territorio nacional.

- Residencia en centros poblados de menos de 100.000 habitantes (tamaño pequeño e intermedio⁹), cuyos instrumentos de planificación de transporte, y particularmente de estimación y predicción de demanda de viajes de personas se encuentran en fase parcial de desarrollo. Las poblaciones con esta característica corresponden al 95%¹⁰ de los centros poblados del país (1061).

Se plantea la ejecución de encuestas en hogares con dos de los enfoques de recolección de información, el primero que contempla al viaje individual como la unidad de análisis y el segundo, que sustenta el proceso de toma de información en la cadena de viajes como unidad fundamental de análisis y como consecuencia derivada de la programación de actividades, y asociado a la metodología 1 seleccionada a partir del proceso de evaluación multicriterio.

La población de prueba seleccionada corresponde a un grupo de hogares que residen en un municipio de tamaño poblacional inferior a los 100.000 habitantes, el municipio seleccionado es el de Mosquera, Cundinamarca, caracterizado por presentar viajes de escala urbana e interurbana¹¹.

El municipio de Mosquera, Cundinamarca cuenta con una población proyectada estimada por el DANE para el año 2013 de 76.658 habitantes, que se ubica en la sabana de Bogotá y que presenta dinámicas de crecimiento en los sectores vivienda, industria y comercio.

⁹ La Ley 388 de 1997 establece en su capítulo III, Artículo 9, tres tamaños de población para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio, el primero de más de 100.000 habitantes (asociadas a poblaciones de gran tamaño), el segundo de 30.000 a 100.000 habitantes (relacionadas a poblaciones de tamaño intermedio, y finalmente, de menos de 30.000 habitantes (poblaciones pequeñas).

¹⁰ Estimación realizada con base en proyecciones DANE para el año 2013. "Estimaciones de Población 1985 – 2005 y proyecciones de población 2005 – 2020 total municipal por área. Fecha de consulta febrero de 2013.

¹¹ El Estudio de Ordenamiento físico, funcional y de gestión del Corredor Férreo de Occidente, llevado a cabo en convenio por la Universidad Nacional de Colombia y la Gobernación de Cundinamarca, permite evidenciar demanda potencial de viajes de escalas urbanas e interurbanas en el municipio de Mosquera.

La aplicación de los procedimientos de recolección de información se realizará sobre áreas urbanas desarrolladas del municipio que cuentan con predominio de usos residenciales netos y residenciales mixtos, adicionalmente, que se encuentran hacia periferias del perímetro urbano municipal, ya que por distancias y tiempos de desplazamiento requieren del uso de transporte a escala urbana e interurbana si es el caso. A continuación se ilustran las áreas de estudio seleccionadas:

Ilustración 14. Áreas de estudio seleccionadas para la aplicación de metodologías en el municipio de Mosquera, Cundinamarca.



Fuente: Elaboración propia con base en Cartografía de Google Earth y Trabajos de inspección en campo. Febrero de 2013.

7.2 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE PRUEBA

La aplicación de la metodología de recolección de información por cadenas de viajes derivados de la programación de actividades seleccionada, y por el método tradicional como proceso de control a variaciones de la aplicación evaluada, se realizará sobre una cantidad definida de hogares que constituyen un espacio de análisis netamente de prueba en el municipio colombiano seleccionado.

Para efectos del presente y a partir del alcance definido, se realizaron 100 encuestas a individuos del hogar, no se efectúa una estimación y aplicación sobre una muestra representativa de la población universo ya que el objeto del presente se enfoca únicamente en la evaluación de la aplicación de la metodología de recolección de información por cadenas de viajes seleccionada, con base en el contraste de resultados y de procedimiento, y no es objeto del presente, describir el comportamiento de desplazamiento de la población, y/o efectuar una caracterización o diagnóstico de las tendencias de movilización y patrones de viaje de la población por dicho método.

Frente a lo anterior y con el fin de facilitar procesos de estimación previstos, se realizarán 100 encuestas integrales a individuos del hogar, que residen en las áreas urbanas seleccionadas y descritas en el aparte 7.1, que comprenden los dos procedimientos de captura de información a analizar: el primero, seleccionado de la evaluación multicriterio que contempla cadenas de viajes como la unidad fundamental de análisis, y el segundo, correspondiente a la metodología que se sustenta en el enfoque tradicional asociados a captura de información de demanda de transporte de personas a través del viaje individual como unidad de análisis, empleado masivamente en los procesos de planificación del transporte en el país.

7.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Con el fin de materializar la captura y recolección de información a partir de la metodología seleccionada que emplea cadenas de viajes y programación de actividades, y por aquélla que contempla el enfoque tradicional que recoge viajes individuales, se plantea la ejecución de una entrevista domiciliaria directa y en medio físico a usuarios del transporte que cuentan con edades superiores a los 15 años.

La ejecución de las encuestas se realiza en el municipio de Mosquera, sobre la población de prueba que habita en las áreas municipales escogidas en la sección 7.1, se encuestará a todos los integrantes del hogar que cumplan con el requisito de la edad de manera individual, para obtener finalmente un total de 100 encuestas realizadas.

Las dos metodologías se aplicarán a través de dos conjuntos de formatos de captura de información, que contienen los componentes y aspectos de recolección correspondiente para cada uno de los casos y enfoques conceptuales. Para efectos del estudio, se contemplarán únicamente dos componentes de encuesta, el primero asociado a la captura de los datos generales y socioeconómicos sintetizados de los individuos, y el segundo, que incluye las consultas que permiten definir los patrones de viaje de la población desde cada enfoque conceptual a estudiar, se realiza un proceso de adaptación de las metodologías para aplicar en la población de prueba definida en el presente estudio, que considera los aspectos fundamentales de caracterización de demanda de viajes de personas, de modo que se generen los insumos suficientes para los análisis de aplicabilidad.

Frente al periodo de captura y para las dos metodologías de recolección de información a aplicar, se realizan las encuestas diarias consultando por los patrones de viaje del día anterior, con el fin de

incorporar información de un día hábil de la semana, y por efectos de disponibilidad de personas en los hogares, las encuestas se llevan a término en día viernes del periodo típico del año (mayo de 2013).

Adicional a la captura de información fundamental que permite definir patrones de viaje de la población en cada una de las metodologías a estudiar, se realiza levantamiento de información relacionada a cada uno de los procedimientos aplicados, adicionalmente, se generan consultas con preguntas de percepción de los usuarios encuestados frente a las metodologías aplicadas.

Los aspectos por capturar frente a la ejecución de los procedimientos son:

- Duración de cada encuesta aplicada por individuo.
- Apartes de consulta que dificultaron respuesta de los usuarios para cada metodología.

Las preguntas de percepción que se realizarán a los encuestados al finalizar todo el proceso de consulta de cada metodología son:

- ¿Cuál de las dos encuestas que respondió le generó mayor dificultad para responder?
- ¿Cuál de las dos encuestas repetiría nuevamente?

Una vez se concluya el proceso de recolección de información de demanda de viajes de personas en el municipio y sobre la población de prueba, se procede con la digitación de los formatos y el posterior procesamiento de modo que se configuren los insumos de análisis de aplicabilidad.

7.4 DISEÑO DE CONSULTAS Y FORMATOS DE ENCUESTA DOMICILIARA

Como se ha descrito, se aplicaron dos metodologías de recolección de información de demanda de viajes de personas, la seleccionada que emplea la noción de las cadenas de viajes/programación de actividades y la tradicional que consulta por viajes individuales, estas han sido parcialmente modificadas para efectos del presente estudio, en seguida, se presentan los contenidos de consulta para cada uno de los procedimientos de encuesta y los formatos de captura especialmente diseñados.

7.4.1 CONSULTAS Y FORMATOS PARA APLICAR METODOLOGÍA SELECCIONADA – CADENAS DE VIAJES Y PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

Con el objeto de aplicar la metodología de recolección de información para caracterizar la demanda de transporte de pasajeros por cadenas de viajes y toures, se desarrolló una adaptación del formato de consulta a hogares utilizado en Canadá en el año 2005: procedimiento OPFAST, para aplicar a la población objeto de prueba. Los formatos empleados para la captura de información se presentan en la

Ilustración 15 e

Ilustración 16.

Ilustración 15. Formato de captura de información módulo de programación de actividades en el municipio de Mosquera, Cundinamarca.

| TRABAJO DE GRADO DE MAESTRIA EN TRANSPORTE - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|----------|---|---|--|--|--|--|
| EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR CADENAS DE VIAJES PARA CARACTERIZAR LA DEMANDA DE TRANSPORTE URBANO E INTERURBANO DE PERSONAS EN EL ÁMBITO COLOMBIANO | | | | | | | | | |
| FORMATO DE CAPTURA DE ENCUESTA DOMICILIARIA - PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES | | | | | | | | | |
| FECHA _____ | No. DE FAMILIAS _____ | No. DE RESIDENTES _____ | ID _____ | | | | | | |
| No. DE INDIVIDUO _____ | | | | | | | | | |
| DÍA ANTERIOR | ACTIVIDAD | | | | | | | | |
| <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">L</td> <td style="padding: 2px;">M</td> <td style="padding: 2px;">C</td> <td style="padding: 2px;">J</td> <td style="padding: 2px;">V</td> </tr> </table> | L | M | C | J | V | | | | |
| L | M | C | J | V | | | | | |
| 03:00 | _____ | | | | | | | | |
| 03:30 | _____ | | | | | | | | |
| 04:00 | _____ | | | | | | | | |
| 04:30 | _____ | | | | | | | | |
| 05:00 | _____ | | | | | | | | |
| 05:30 | _____ | | | | | | | | |
| 06:00 | _____ | | | | | | | | |
| 06:30 | _____ | | | | | | | | |
| 07:00 | _____ | | | | | | | | |
| 07:30 | _____ | | | | | | | | |
| 08:00 | _____ | | | | | | | | |
| 08:30 | _____ | | | | | | | | |
| 09:00 | _____ | | | | | | | | |
| 09:30 | _____ | | | | | | | | |
| 10:00 | _____ | | | | | | | | |
| 10:30 | _____ | | | | | | | | |
| 11:00 | _____ | | | | | | | | |
| 11:30 | _____ | | | | | | | | |
| 12:00 | _____ | | | | | | | | |
| 12:30 | _____ | | | | | | | | |
| 13:00 | _____ | | | | | | | | |
| 13:30 | _____ | | | | | | | | |
| 14:00 | _____ | | | | | | | | |
| 14:30 | _____ | | | | | | | | |
| 15:00 | _____ | | | | | | | | |
| 15:30 | _____ | | | | | | | | |
| 16:00 | _____ | | | | | | | | |
| 16:30 | _____ | | | | | | | | |
| 17:00 | _____ | | | | | | | | |
| 17:30 | _____ | | | | | | | | |
| 18:00 | _____ | | | | | | | | |
| 18:30 | _____ | | | | | | | | |
| 19:00 | _____ | | | | | | | | |
| 19:30 | _____ | | | | | | | | |
| 20:00 | _____ | | | | | | | | |
| 20:30 | _____ | | | | | | | | |
| 21:00 | _____ | | | | | | | | |
| 21:30 | _____ | | | | | | | | |
| 22:00 | _____ | | | | | | | | |
| 22:30 | _____ | | | | | | | | |
| 23:00 | _____ | | | | | | | | |
| 23:30 | _____ | | | | | | | | |
| 00:00 | _____ | | | | | | | | |
| Observaciones: _____ | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |
| Encuestador: _____ | | Supervisor: <u>DAVISON ALBARRACÍN SOSA</u> | | | | | | | |

Adaptado de Procedimiento OPFAST. Roorda, Gosselin y Doherty, Quebec, Canadá, Año 2005.

Fuente. Elaboración propia a partir de procedimiento OPFAST. Canadá 2005.

Se generaron dos formatos de captura con el fin de consultar por aspectos de programación de viajes y la producción de cadenas de viajes y toures durante el desarrollo de actividades en el día típico. Los formatos fueron codificados como hojas B0 (Programación) y B (Producción de cadenas de viajes y actividades).

7.4.2 CONSULTAS Y FORMATOS PARA APLICAR METODOLOGÍA TRADICIONAL - VIAJES INDIVIDUALES

Considerando los mecanismos de captura de información tradicionales empleados para caracterizar la demanda de transporte en distintas ciudades y municipio del país, se procedió con la elaboración del formato de consulta para encuestar hogares y generar de esta forma un insumo base de análisis. Se mantienen conceptos y módulos que indagan por la generación de viajes y variables explicativas de los mismos. A continuación, la

Ilustración 17 e Ilustración 18 presentan los formatos diseñados y empleados en la captura de información.

Ilustración 17. Formato de captura de información módulo de información general en el municipio de Mosquera, Cundinamarca.

| TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA EN TRANSPORTE - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR CADENAS DE VIAJES PARA CARACTERIZAR LA DEMANDA DE TRANSPORTE URBANO E INTERURBANO DE PERSONAS EN EL ÁMBITO COLOMBIANO | | | | | |
| FORMATO DE CAPTURA DE ENCUESTA DOMICILIARIA | | | | | |
| FECHA | | <input type="text"/> | HOJA _____ DE _____ | | ID _____ |
| | | Día Mes Año | | | |
| DIRECCIÓN _____ | | | | | HORA <input type="text"/> |
| C = CALLE AV = AVENIDA K = CARRERA D = DIAGONAL TV = TRANSVERSAL | | | | | |
| INFORMACIÓN GENERAL DE LA VIVIENDA - HOGAR | | | | | |
| DIRECCIÓN <input type="text"/> | | BARRIO _____ | | | |
| CANTIDAD DE HOGARES EN LA VIVIENDA <input type="text"/> | | LAS CABEZAS DE FAMILIA EN EL HOGAR SON: UNO <input type="text"/> DOS <input type="text"/> MAS <input type="text"/> | | | |
| HOGAR <input type="text"/> | DE <input type="text"/> | ESTRATO SOCIOECONÓMICO <input type="text"/> | | CANTIDAD RESIDENTES QUE SE MÓVILIZAN AL MENOS UNA VEZ POR SEMANA <input type="text"/> | |
| CANTIDAD DE RESIDENTES <input type="text"/> | | | | | |
| CANTIDAD DE ESTUDIANTES <input type="text"/> | | | | | |
| CANTIDAD DE TRABAJADORES <input type="text"/> | | | | | |
| INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE RESIDENTES DEL HOGAR | | | | | |
| PERSONA | SEXO | EDAD | NIVEL DE ESTUDIOS | OCUPACIÓN PRINCIPAL | DIRECCIÓN DEL TRABAJO O ESTUDIO |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| CANTIDAD DE PERSONAS | M F | AÑOS | 1. Ninguno 2. Preescolar 3. Primaria 4. Secundaria (Bachiller) 5. Tecnología 6. Técnica 7. Universitaria 8. Posgrado | 1. Trabaja 2. Estudia 3. Ama de casa 4. Desempleado 5. Pensionado 6. No responde 7. Otro | C = CALLE AV = AVENIDA K = CARRERA D = DIAGONAL TV = TRANSVERSAL |
| Observaciones: _____ | | | | | |
| Encuestador: _____ Supervisor: DAVISON ALBARRACÍN SOSA | | | | | |

Adaptado de Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Curso Maestría en Ingeniería Transporte. Año 2012.

Fuente. Elaboración propia a partir de formatos de encuesta método tradicional. Universidad Nacional de Colombia. Ejemplos de captura. Maestría en Ingeniería - Transporte. 2012.

la generación de datos e información asociada a la producción de viajes y estimación de demanda de transporte en centros poblados.

7.4.3 CONSULTAS DE PERCEPCIÓN A USUARIOS

Finalmente y adicional a los formatos de consulta que indagan por las características de la demanda de viajes de personas con el método tradicional y el método que adopta la noción de cadenas de viajes y toures, se procedió con la elaboración y aplicación de un formato especialmente diseñado para registrar la percepción de los usuarios encuestados en los hogares frente a los dos procedimientos empleados inicialmente, se incluyó adicionalmente, un aparte de duración de cada uno de los procedimientos que fue registrado por el encuestador.

El formato empleado se presenta en la Ilustración 19 e indaga por el procedimiento A2 (módulo de viajes método tradicional) y el B (módulo de producción de cadenas de viajes y actividades).

Ilustración 19. Formato de captura de información de percepción de usuarios, municipio de Mosquera, Cundinamarca.

| EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR CADENAS DE VIAJES PARA CARACTERIZAR LA DEMANDA DE TRANSPORTE URBANO E INTERURBANO DE PERSONAS EN EL ÁMBITO COLOMBIANO | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| FORMATO CONSULTA DE PERCEPCIÓN DE USUARIOS ENCUESTADOS | |
| PERSONA NO | ID |
| | _____ |
| DURACIÓN PRIMER PROCEDIMIENTO (A2) | _____ |
| DURACIÓN SEGUNDO PROCEDIMIENTO (B) | _____ |
| ¿QUÉ PROCEDIMIENTO LE GENERÓ MAYOR DIFICULTAD DE RESPUESTA? | |
| A2 | |
| B | |
| ¿CUÁL PROCEDIMIENTO DE ENCUESTA REPETIRÍA NUEVAMENTE? | |
| A2 | |
| B | |

Fuente. Elaboración propia a partir de alcances de prueba.

El módulo de captura recreado, permite definir aspectos de registro de información que atañen a los usuarios consultados por hogar, permiten definir la aceptabilidad de cada uno de los procedimientos, rendimientos y facilidades en la ejecución de las pruebas y registro de los datos.

8 RESULTADOS GENERADOS DE PRUEBAS EN CAMPO

Una vez aplicados los procedimientos de captura de información en el área y la población de prueba seleccionada (hogares municipio de Mosquera), se realizó la digitación y el procesamiento de los datos recopilados, luego se efectuaron los procesamientos de datos que permitieron definir los patrones de viaje de la población de prueba y se establecieron relaciones estadísticas, indicadores y la definición de dificultades, que permiten efectuar la comparación entre los dos métodos empleados de recolección de información en el presente estudio.

En primer lugar, se realiza el análisis de la prueba aplicada en el que se empleó el método tradicional de recolección de información de demanda de viajes de personas, luego se realizan los análisis equivalentes para la prueba aplicada con la metodología seleccionada que se sustenta en la programación de actividades y producción de cadenas de viajes. Por último, se desarrolla un análisis comparativo de los resultados obtenidos en cada procedimiento.

Los procedimientos de consulta se aplicaron a la población de prueba durante los días 21 (martes) a 24 (viernes) de mayo del año 2013.

8.1 RESULTADOS PRUEBA APLICADA METODOLOGÍA TRADICIONAL

A continuación se presentan los resultados generados de la prueba aplicada con el método de recolección de información tradicional, que contempla al viaje individual como la unidad de análisis fundamental.

8.1.1 PATRONES DE VIAJE DE LA POBLACIÓN DE PRUEBA

El patrón de viajes determina las características propias de cada uno de los desplazamientos que efectúa la población de prueba, dentro de los aspectos identificados para efectos del presente se encuentra: la cantidad total de viajes generados, la distribución de los viajes por propósito, la distribución por medio de transporte y los tiempos de desplazamiento asociados.

En seguida se presentan los resultados para cada uno de los aspectos en cuestión:

8.1.1.1 VIAJES PRODUCIDOS

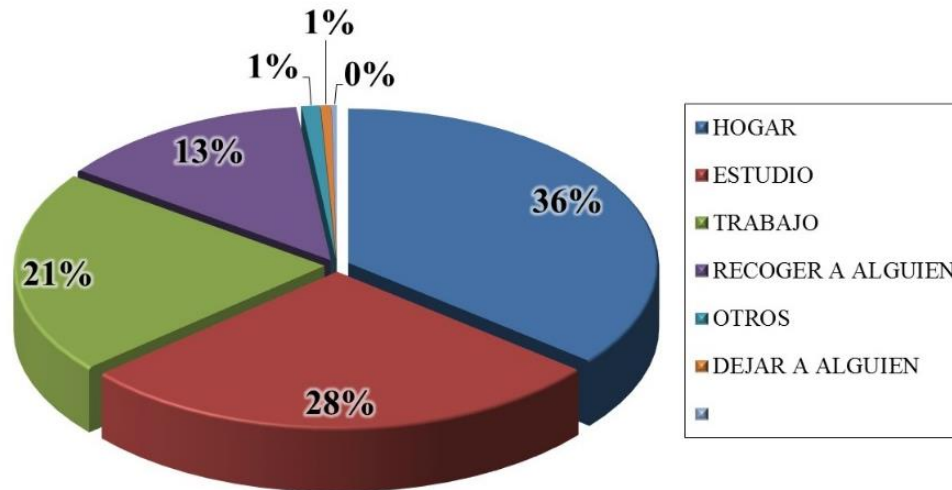
Para la población de prueba en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca, para un total de 100 encuestas aplicadas, se encontró, a través del procedimiento de recolección de información tradicional, una producción total de viajes de 291. Lo anterior equivale a una tasa de generación de viajes de 2.91 viajes/persona.

8.1.1.2 DISTRIBUCIÓN POR PROPÓSITO

Discriminando los propósitos de viaje entre: estudio, trabajo, hogar, asuntos personales, dejar a alguien, recoger a alguien y otros, el

procedimiento de recolección de información de demanda de viajes de personas por el método tradicional reporta los siguientes resultados:

Ilustración 20 Distribución de viajes por propósito – Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

El 36% de la población de prueba consultada expresó que el propósito de su viaje era arribar a su hogar, el 28% manifestó como propósito desplazarse a su lugar de estudio, el 21% dirigirse a su trabajo, el 13% recoger a alguien, el 1% a dejar a alguien, el restante 1% manifestó contar con propósitos de viaje diferentes a los mencionados.

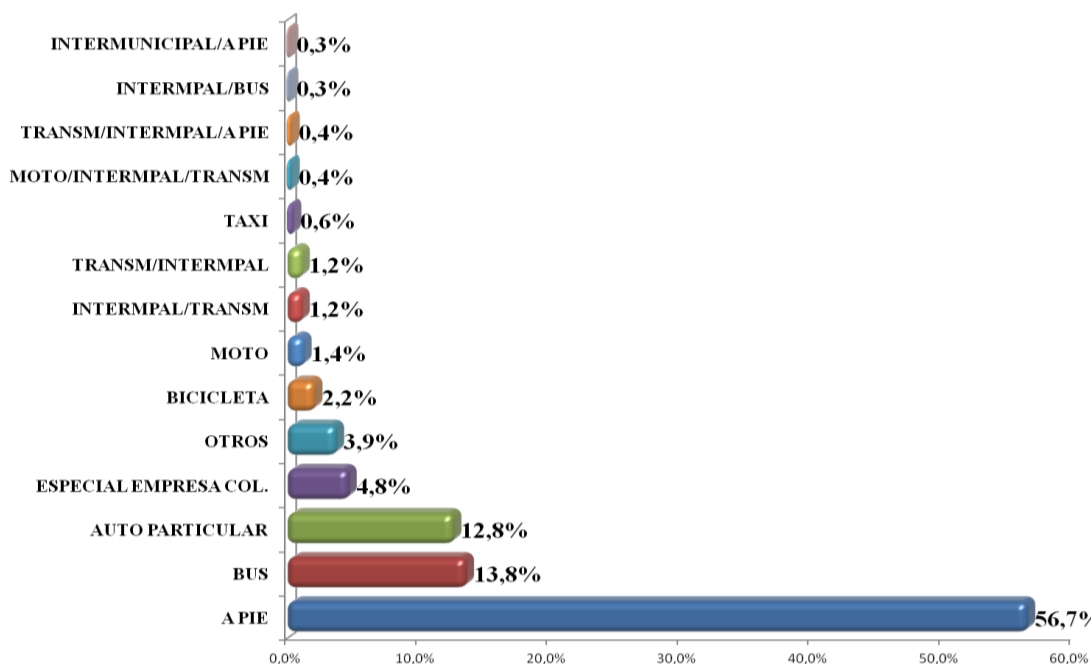
8.1.1.3 DISTRIBUCIÓN POR MEDIO DE TRANSPORTE

Con respecto a la distribución de viajes por medio de transporte, de la metodología de recolección de información tradicional, se evidencia que predomina el transporte a Pie con un 56%, debido a las cortas distancias que deben recorrer los habitantes de la zona para acceder a los bienes y servicios que necesitan para su desarrollo diario, el Bus y el Auto Particular constituyen los siguientes medios con mayor utilización con un 13,8% y 12,8% respectivamente. El 4,8% utiliza el servicio especial

empresa, la bicicleta constituye el 2,2% y la moto el 1,4%. Le siguen las siguientes combinaciones de servicio: Intermpal/Transm (1,2%), Transm/Intermpal (1,2%), Moto/Intermpla/Transm (0,4%), Transm/Intermpal/A pie (0,4%), Intermpal/Bus (0,3%), Intermpal/a pie (0,3%).

Por otra parte tan solo el 0,6% manifestó el uso del Taxi. Otros medios de transporte diferentes a los mencionados constituyen el 3,9%. La Ilustración 21 presenta la distribución antes mencionada.

Ilustración 21 Distribución por medio de transporte – Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

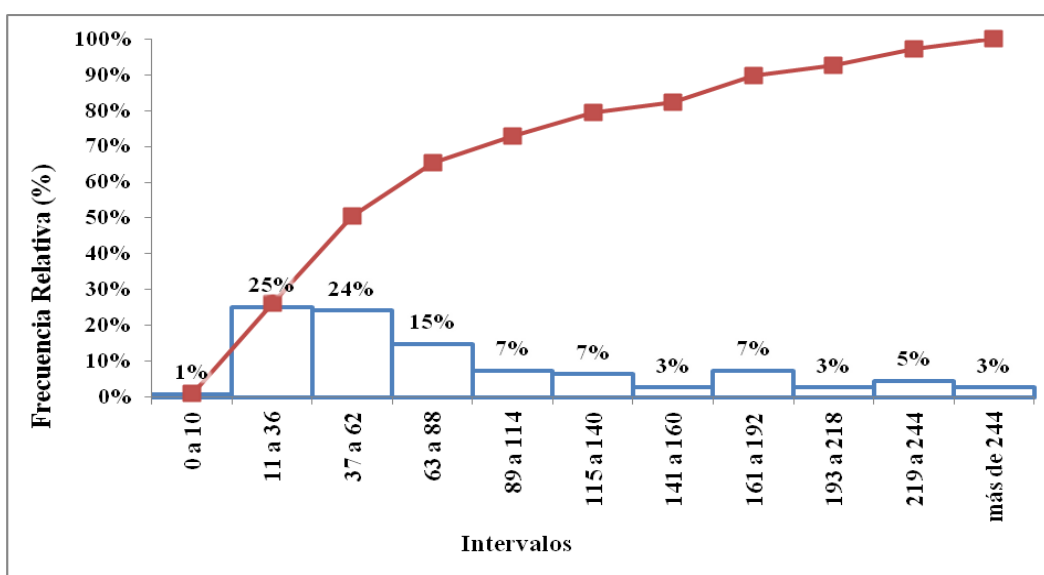
Se evidencia que la distribución de medios empleados por los usuarios de prueba consultados, atiende las características propias del municipio para el cual predominan los desplazamientos internos que ostentan distancias cortas y medias (inferiores a 3 km).

8.1.1.4 TIEMPOS DE VIAJE

El tiempo de viaje hace parte del costo generalizado de transporte y corresponde a una de las desutilidades¹² que asumen los usuarios de transporte durante el desarrollo de la actividad de transportarse, corresponde al lapso que transcurre desde el inicio y final de un desplazamiento dado.

Los tiempos que se registraron en la población de prueba para viajes individuales, capturados por medio de la metodología de recolección de información de demanda de viajes tradicional, se presentan a continuación:

Ilustración 22 Histograma de frecuencia de tiempos de viaje, Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

El anterior histograma señala que cerca de la mitad de los viajes constituyen trayectos con duraciones inferiores a los 62 minutos, por

¹² Concepto de tiempo de viaje como desutilidad como coste que asumen los usuarios en el desarrollo de la actividad transportadora. Curso Economía de Transporte. Docente César Ruiz. Año 2012.

consiguiente, la segunda mitad de viajes constituye trayectos mayores a dicho tiempo y se asocian principalmente al recorrido de largas distancias.

De los tiempos de viaje registrados de las consultas a la población de prueba, se procede con la estimación de variables de la estadística descriptiva, de este modo, se obtiene entre otros aspectos, el tiempo de viaje promedio para el conjunto de usuarios de prueba consultados.

Tabla 7. Estadística descriptiva del tiempo de viaje, Método tradicional, municipio de Mosquera, Cundinamarca

| <i>TIEMPO DE VIAJE</i> | |
|------------------------|-------|
| Media | 88,01 |
| Error típico | 6,46 |
| Mediana | 60 |
| Moda | 60 |
| Rango | 260 |
| Mínimo | 10 |
| Máximo | 270 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

La estadística descriptiva para la variable tiempo de viaje señala que el dato de duración de viaje que más se repitió fue 60 minutos, el dato que separó la mitad superior de la inferior de los datos de tiempo también fue 60 minutos, el dato mínimo de tiempo fue de 10 minutos y el máximo de 270 generando un rango de 260 minutos.

8.1.2 ÍNDICES DE CORRELACIÓN Y DETERMINACIÓN

El coeficiente de correlación múltiple (R) es la asociación lineal del conjunto de variables independientes con la variable dependiente¹³, es igual a la raíz cuadrada del coeficiente de determinación.

¹³ Definiciones estadísticas presentadas en el Curso Modelación de Transporte. Año 2012. Presentación Análisis de Regresiones. Docente Carlos Alberto Moncada. Maestría en Ingeniería – Transporte. Universidad Nacional de Colombia.

El coeficiente de correlación varía entre [-1,1]; si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante, si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva, si $r = 0$, no existe relación entre las variables. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.

Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa, si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Con el objeto de revisar la relación entre variables de datos generados a partir del procedimiento de recolección de información por el método clásico, se efectúa un análisis de correlación de variables discriminando “viajes producidos”, “Habitantes” del hogar y “duración de viajes”. En seguida se presenta la matriz de coeficientes de correlación (r) para las variables en mención, se emplea la transformación de logaritmo en base 10 para considerar la relación lineal de la forma $Y = aX + b$. En filas se disponen las variables evaluadas como independientes frente a las demás.

Tabla 8. Matriz de coeficientes de Correlación con transformación log (R)

| <i>Variables</i> | <i>Log(Viajes)</i> | <i>Log(Habitantes)</i> | <i>Log (Dur viaje)</i> |
|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Log(Viajes)</i> | 1 | | |
| <i>Log(Habitantes)</i> | 0,7180 | 1 | |
| <i>Log (Dur viaje)</i> | 0,9055 | 0,652 | 1 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Dado lo anterior se puede interpretar lo siguiente:

- El coeficiente de correlación 0,9055 entre las variables *viajes* vs. *duración*, indica una interdependencia alta, y constituye una relación directa.
- El coeficiente de correlación 0,7180 entre las variables *viajes* vs. *habitantes*, indica una interdependencia alta, y constituye una relación directa.
- El coeficiente de correlación 0,652, entre las variables *habitantes* vs. *duración*, indica una interdependencia media, y constituye una relación directa.

Por otra parte el coeficiente de determinación explica en qué proporción el conjunto de variables independientes describe el comportamiento o valor de la variable dependiente. Para las variables consideradas en el ejercicio anterior, se estima el coeficiente de determinación a saber:

Tabla 9. Matriz de coeficientes de Determinación (R2)

| Variables | Log(Viajes) | Log(Habitantes) | Log (Dur viaje) |
|------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| Log(Viajes) | 1 | | |
| Log(Habitantes) | 0,5121 | 1 | |
| Log (Dur viaje) | 0,8165 | 0,422 | 1 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

En tanto se puede concluir:

- El 51% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *viajes*, esta explicada por la variable "*habitantes*", igualmente el 51% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *habitantes*, esta explicada por la variable *viajes*.
- El 81% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *duración*, esta explicada por la variable *viajes*, igualmente el 51% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *viajes*, esta explicada por la variable *duración*.

- El 42% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *duración*, esta explicada por la variable *habitantes*, igualmente el 51% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *habitantes*, esta explicada por la variable *duración*.

8.1.3 DIFICULTADES Y FACILIDADES DEL PROCESO DE CAPTURA DE INFORMACIÓN

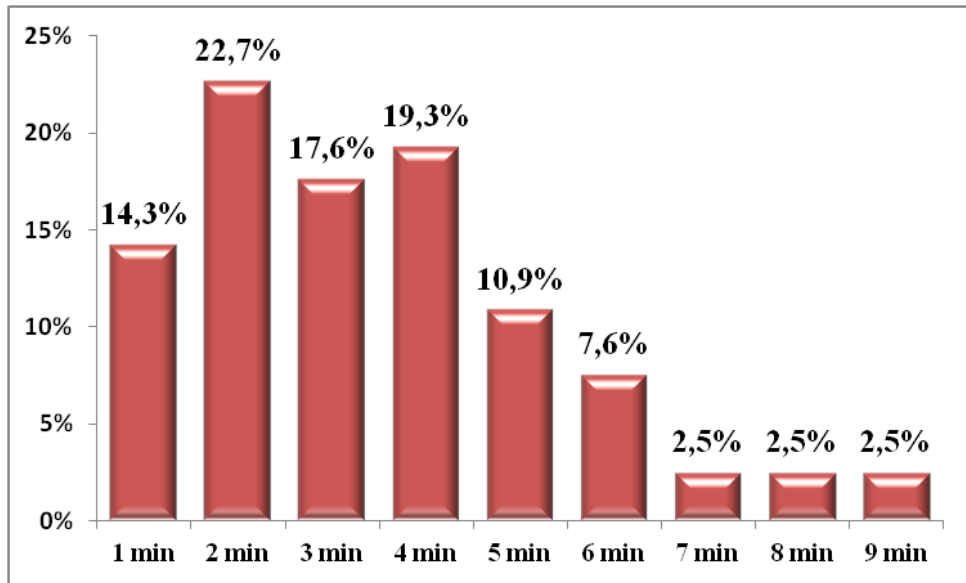
Durante la ejecución de los procedimientos de captura o recolección de información se evidencian las complejidades de la ejecución de los procesos y la receptividad de los usuarios para atender las consultas, en este aparte se procede con la identificación de aspectos propios del desarrollo de las labores de consulta registrados, entre ellos: duración del proceso de captura y apreciaciones del encuestador.

8.1.3.1 DURACIÓN DEL PROCESO DE CAPTURA

Con el fin de conocer de los tiempos de captura de información bajo la metodología tradicional se midió la duración de tiempo en cada prueba aplicada. La duración total del proceso de captura de información de la población encuestada fue de 417 minutos, que genera una duración promedio por prueba por persona de: 3,5 minutos.

La siguiente ilustración muestra la distribución en minutos del tiempo de captura de cada prueba.

Ilustración 23 Duración del proceso de captura por persona – metodología tradicional



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Como se observa en la

Ilustración 23, poco más del 73% de las encuestas realizadas tardaron en ejecutarse menos de 5 minutos. Cabe aclarar, que la duración del procedimiento de captura depende directamente de la complejidad del itinerario de viajes del usuario encuestado.

8.1.3.2 APRECIACIONES DEL ENCUESTADOR

Una vez realizadas todas las consultas a la población de prueba seleccionada, se determinaron aspectos característicos y hallazgos considerados relevantes, frente a las dificultades encontradas por el encuestador se destacan:

1. La población de prueba consultada considera en general que el procedimiento es bastante extenso.
2. Se evidenciaba la omisión de viajes y propósitos de viaje.
3. Se evidenciaron dificultades para seguir de forma coherente con la revisión de viajes producidos por el usuario a partir de un ejercicio gradual o por pasos de análisis.

8.1.4 INDICADORES

Con el objeto de realizar comparación de los resultados que genera cada uno de los procedimientos de recolección de información, se procede con la definición y estimación de indicadores. Para tal efecto, se determina un primer conjunto de indicadores asociados a las características de los viajes de los usuarios de prueba consultados, y un segundo conjunto, que tiene relación directa con la ejecución del procedimiento.

Tabla 10. Indicadores base de comparación – Metodología Clásica de Recolección de información.

| INDICADOR | FÓRMULA | RESULTADO |
|-----------|---------|-----------|
|-----------|---------|-----------|

| | | |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Viajes por hogar | $(\sum \text{Viajes totales} / (\text{No de Hogares}))$ | 7,25 viajes/hogar |
| Viajes por persona | $(\sum \text{Viajes totales} / (\text{No de Personas}))$ | 2.91 viajes/persona |
| Tiempo de viaje máximo | Directa | 270.0 min |
| Tiempo mínimo de viaje | Directa | 10.0 min |
| Tiempo promedio de viaje | $\frac{\sum \text{Duración total de viajes}}{(\text{No de Personas})}$ | 88,4 min |
| Duración promedio de la captura por persona | $\frac{\sum \text{Duración total de capturas}}{(\text{No de Personas})}$ | 3.5 min |
| Duración máxima de la captura por persona | Directa | 9.0 min |
| Duración mínima de la captura por persona | Directa | 1.0 min |

Fuente: Elaboración propia

8.2 RESULTADOS PRUEBA APLICADA METODOLOGÍA SELECCIONADA QUE SE SUSTENTA EN CADENAS DE VIAJES

A continuación se presentan los resultados generados de la prueba aplicada con el método de recolección de información basada en programación de actividades y cadenas de viajes, que contempla a la cadena de viajes (tour para una cadena de viajes con mismo inicio y fin) como la unidad de análisis fundamental.

8.2.1 PATRONES DE VIAJE DE LA POBLACIÓN DE PRUEBA

El patrón de viajes determina las características propias de cada uno de los desplazamientos que efectúa la población de prueba, dentro de los aspectos que se identifican se encuentra: la cantidad total de viajes generados, la distribución de los viajes por propósito, la distribución por medio de transporte y los tiempos de desplazamiento asociados.

En seguida se presentan los resultados para cada uno de los aspectos en cuestión:

8.2.1.1 VIAJES PRODUCIDOS

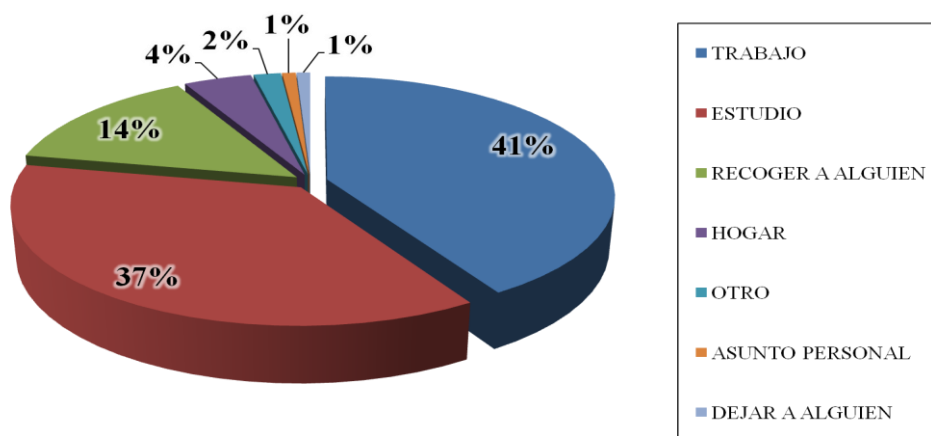
Para la población de prueba en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca, para un total de 100 encuestas aplicadas, se encontró, a través del procedimiento de recolección de información basada en programación de actividades y cadenas de viajes, una producción total de 111 cadenas de viaje, asociadas a 427 viajes individuales.

La tasa de generación de viajes corresponde a 1.11 cadenas de viaje/persona y 4.27 desplazamientos/persona.

8.2.1.2 DISTRIBUCIÓN POR PROPÓSITO

Discriminando los propósitos de viaje entre: estudio, trabajo, hogar, asuntos personales, dejar a alguien, recoger a alguien y otros, el procedimiento de recolección de información de demanda de viajes de personas por el método tradicional reporta los siguientes resultados:

Ilustración 24 Distribución de viajes por propósito – Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

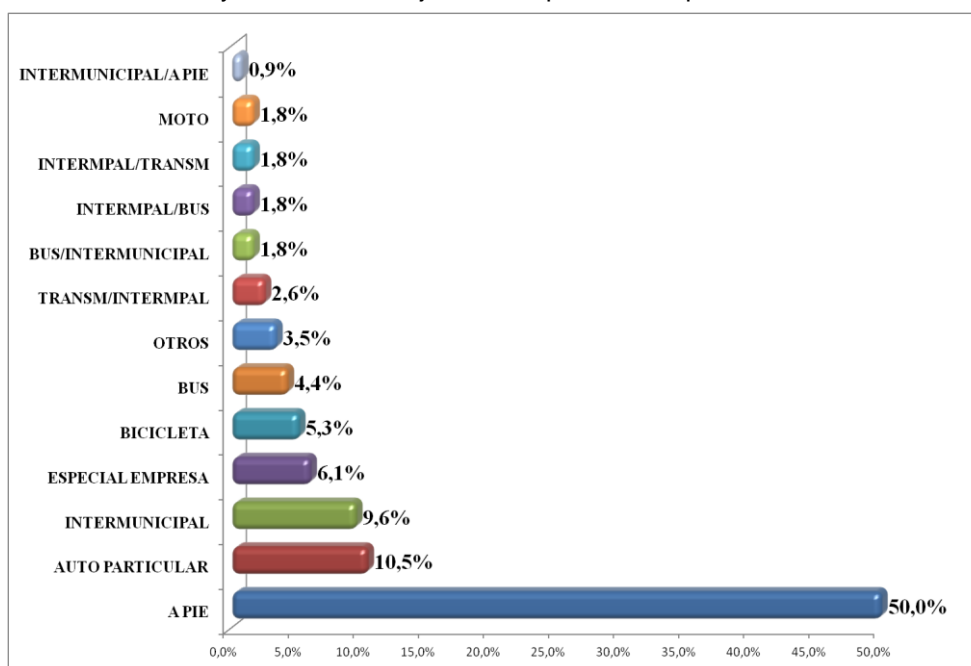
De la población de prueba encuestada, el 41% expresó que el propósito de su viaje era ir al trabajo, el 37% expresó como propósito estudio, el 14% a recoger a alguien, el 4% dirigirse a su hogar, el 2% a dejar a alguien, y el restante 2% manifestó propósitos diferentes a los mencionados y asuntos personales.

8.2.1.3 DISTRIBUCIÓN POR MEDIO DE TRANSPORTE

Frente a los resultados generados por el método de recolección de información por cadenas de viajes y programación de actividades, se observa el predominio del medio de transporte a Pie con un 56%, debido a las cortas distancias que deben recorrer los habitantes de la zona para

acceder a los bienes y servicios que necesitan para su desarrollo diario, el Bus y el Auto Particular constituyen los siguientes medios con mayor utilización con un 13,8 y 12,8% respectivamente. El 4,8% utiliza el servicio especial empresa, la bicicleta constituye el 2,2% y la moto el 1,4%. Le siguen las siguientes combinaciones de servicio: Intermpal/Transm (1,2%), Transm/Intermpal (1,2%), Moto/Intermpla/Transm (0,4%), Transm/Intermpal/A pie (0,4%), Intermpal/Bus (0,3%), Intermpal/a pie (0,3%). Por otra parte tan solo el 0,6% manifiesta el uso del Taxi. Otros medios de transporte diferentes a los mencionados constituyen el 3,9%.

Ilustración 25 Distribución por medio de transporte – Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, Cundinamarca



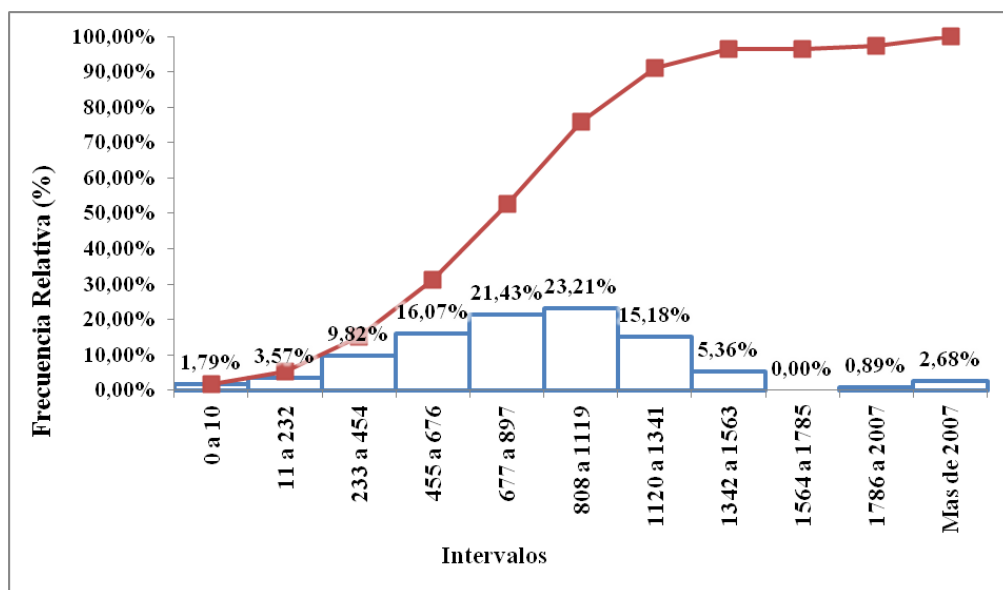
Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Se observó un predominio del medio a pie en las cadenas de viajes producidas por la población de prueba consultada, lo cual atiende la naturaleza de los viajes y concatenación de los mismos para atender actividades cotidianas en la municipalidad.

8.2.1.4 TIEMPOS DE CADENAS DE VIAJE

A continuación se analizan los tiempos de viaje capturados con la metodología basada en actividades y cadenas de viaje, el tiempo de análisis incluye la duración de los desplazamientos así como la duración de las actividades:

Ilustración 26 Histograma de frecuencia de tiempos de cadenas de viaje, Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

El anterior histograma señala cerca de la mitad de las cadenas y actividades diarias constituyen tiempos de menos de 897 minutos (aproximadamente 15 horas). A continuación se presentan datos de estadística descriptiva que permite establecer los tiempos medios, máximos y mínimos asociados a las cadenas de viajes que produce la población de prueba.

Tabla 11. Estadística descriptiva del tiempo de viaje, Método programación de actividades y cadenas de viajes, municipio de Mosquera, municipio de Mosquera, Cundinamarca

| TIEMPO DE CADENAS | |
|--------------------------|--------|
| Media | 860,9 |
| Error típico | 40,5 |
| Mediana | 776,0 |
| Moda | 1000,0 |
| Rango | 2218,8 |
| Mínimo | 10,4 |
| Máximo | 2229,2 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

La estadística descriptiva para la variable tiempo de cadenas de viaje, señala que el dato de duración de cadena que más se repitió fue 1000 minutos, el dato que separó la mitad superior de la inferior de tiempos también fue 776 minutos, el dato mínimo de tiempo fue de 10 minutos y el máximo de 2230 generando un rango de 2219 minutos.

8.2.2 ÍNDICES DE CORRELACIÓN

El coeficiente de correlación varía entre $[-1,1]$; si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante, si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva, si $r = 0$, no existe relación entre las variables. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables. Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa, si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante. A continuación se

presenta la matriz de los coeficientes de correlación para las variables: cadenas de viaje producidas, habitantes del hogar y duración de la cadena.

Tabla 12. Matriz de coeficientes de Correlación (R)

| Variabes | Log(Cadenas) | Log(Hab) | Log (Dur cadena) |
|-------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|
| Log(Cadenas) | 1 | | |
| Log(Hab) | 0,6942 | 1 | |
| Log (Dur cadena) | 0,5352 | 0,896 | 1 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Dado lo anterior se puede interpretar lo siguiente:

- El coeficiente de correlación 0,5352 entre las variables *cadenas* vs. *duración*, indica una interdependencia media, y constituye una relación directa.
- El coeficiente de correlación 0,6942 entre las variables *cadenas* vs. *habitantes*, indica una interdependencia media, y constituye una relación directa.
- El coeficiente de correlación 0,896, entre las variables *habitantes* vs. *duración*, indica una interdependencia alta, y constituye una relación directa.

Por otra parte el coeficiente de determinación mide la proporción de variabilidad total de una variable con respecto a su media que es explicada por la otra variable, la matriz de coeficientes de determinación para las variables de análisis se presenta en seguida:

Tabla 13. Matriz de coeficientes de Determinación (R²)

| Variabes | Log(Cadenas) | Log(Hab) | Log (Dur viaje) |
|------------------------|---------------------|-----------------|------------------------|
| Log(Cadenas) | 1 | | |
| Log(Hab) | 0,4819 | 1 | |
| Log (Dur viaje) | 0,2864 | 0,802 | 1 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

En tanto se puede concluir:

- El 49% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *cadena*s, esta explicada por la variable *habitantes*, igualmente el 49% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *habitantes*, esta explicada por la variable *cadena*s.
- El 29% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *duración*, esta explicada por la variable *cadena*s, igualmente el 29% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *cadena*s, esta explicada por la variable *duración*.
- El 80% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *duración*, esta explicada por la variable *habitantes*, igualmente el 80% de la variabilidad total con respecto a su media de la variable *habitantes*, esta explicada por la variable *duración*.

8.2.3 DIFICULTADES Y FACILIDADES DEL PROCESO DE CAPTURA DE INFORMACIÓN

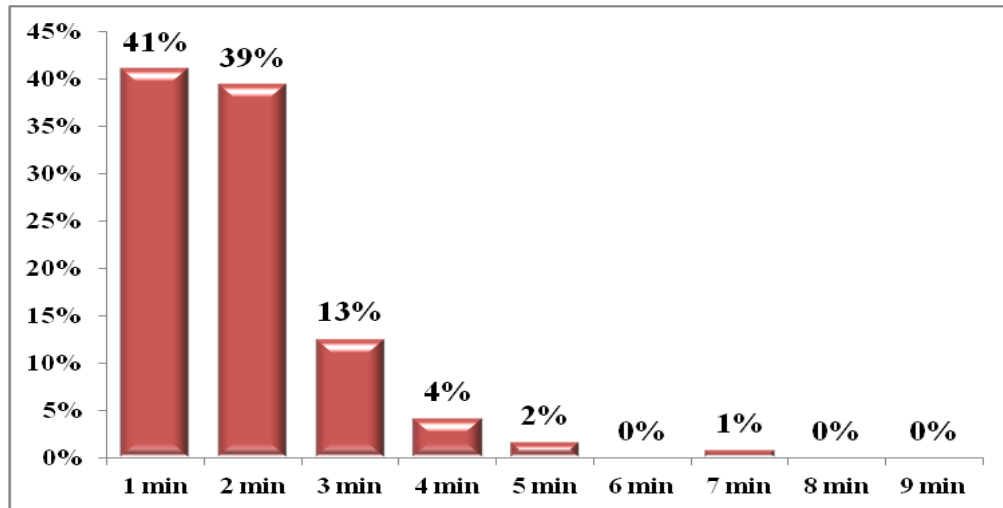
Para analizar algunas de las dificultades y facilidades del proceso de captura de información bajo la metodología de recolección de información basada en actividades y cadenas de viajes, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

8.2.3.1 DURACIÓN DEL PROCESO DE CAPTURA

Con el fin de conocer de los tiempos de captura de información bajo la metodología basada en actividades y cadenas se midió la duración de tiempo en cada prueba aplicada. La duración total del proceso de captura de información de la población encuestada fue de 225 minutos, que genera una duración promedio por prueba de: 1,9 minutos.

La siguiente ilustración muestra la distribución en minutos del tiempo de captura de cada prueba.

Ilustración 27 Duración de la prueba metodología basada en actividades y cadenas



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Como se logra apreciar, cerca del 80% de los procedimientos realizados tuvieron una duración por encuestado de inferior a 2 minutos. Lo anterior evidencia la celeridad en la ejecución de la captura para cada una de las personas de prueba que hicieron parte de la consulta.

8.2.3.2 APRECIACIONES DEL ENCUESTADOR

Una vez realizadas todas las consultas a la población de prueba seleccionada, se determinaron aspectos característicos y hallazgos considerados relevantes, frente a las dificultades encontradas por el encuestador se destacan:

1. La población de prueba consultada considera en general que el procedimiento es sencillo de realizar.

2. La diagramación empleada y la concatenación de cadenas y actividades permite al encuestado realizar un ejercicio de respuesta con facilidad.
3. El procedimiento por persona tiene una corta duración dada las facilidades que se generan al encuestado.

8.2.4 INDICADORES

A continuación se presentan los indicadores establecidos para realizar comparación y seguimiento a las actividades de captura de información y estudio de resultados generados:

Tabla 14. Indicadores base de comparación – Metodología de Recolección de información por cadenas de viaje.

| INDICADOR | FÓRMULA | RESULTADO |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|
| Cadena de Viajes por hogar | $= \sum \text{cadena de viajes} / \text{No de hogares}$ | 2,78 cadenas/hogar |
| Cadena de viajes por persona | $= \sum \text{cadena de viajes} / \text{No de personas}$ | 1,11 cadenas/persona |
| Tiempo de cadena de viajes máximo | Directo | 2229,2 min |
| Tiempo mínimo de cadena de viaje | Directo | 10,4 min |
| Tiempo promedio de cadena de viaje | $= \sum \text{Duración de cadena} / \text{No de Personas}$ | 860 min |
| Viajes individuales por hogar | $= \sum \text{viajes individuales} / \text{No de hogares}$ | 10,67 viajes/hogar |
| Viajes individuales por persona | $= \sum \text{viajes individuales} / \text{No de personas}$ | 4.27 viajes/persona |
| Tiempo de viaje individual máximo | Directo | 150 min |
| Tiempo de viaje individual promedio | $= \sum \text{duración de viajes} / \text{No de viajes}$ | 30,50 min |
| Tiempo de viaje individual mínimo | Directo | 10,0 min |

| INDICADOR | FÓRMULA | RESULTADO |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Duración promedio de la captura por persona | $= \frac{\sum \text{Duración total de capturas}}{(\text{No de Personas})}$ | 1.9 min |
| Duración máxima de la captura por persona | Directa | 7.0 min |
| Duración mínima de la captura por persona | Directa | 1.0 min |

Fuente: Elaboración propia

8.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

Una vez analizados los resultados que se generaron para cada uno de los procedimientos de recolección de información, se procede con la comparación de las metodologías considerando los aspectos de caracterización de la población de prueba, los indicadores, determinantes de la demanda y variables de orden estadístico.

8.3.1 PATRONES DE VIAJE DE LA POBLACIÓN DE PRUEBA

A continuación se comparan los resultados para cada aspecto estudiado en la descripción de los patrones de viaje de la población de prueba, que brinda cada metodología de recolección aplicada.

8.3.1.1 VIAJES PRODUCIDOS

Para la población de prueba en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca, para un total de 100 encuestas aplicadas, se encontró, a través del procedimiento de recolección de información tradicional, una producción total de viajes de 291. Lo anterior equivale a una tasa de generación de viajes de 2.91 viajes/persona, por otro lado aplicando la metodología basada en programación de actividades y cadenas de viaje, la producción total de viajes fue de 427 y un total de cadenas de 111. La tasa de generación de viajes corresponde a 1.11 cadenas de viaje/persona y 4.27 desplazamientos/persona.

8.3.1.2 DISTRIBUCIÓN POR PROPÓSITO

A continuación se encuentra la distribución comparativa por propósito de viaje entre las dos metodologías evaluadas. Se encuentran diferencias sustanciales entre los resultados de la distribución en tanto que los propósitos cambian su peso porcentual significativamente en la población de prueba. Es así como por ejemplo el propósito de viaje más

demandado según la prueba tradicional es dirigirse al hogar, pero para la metodología basada en cadenas de viajes el propósito más demandado es dirigirse al trabajo.

Tabla 15. Comparativo de la distribución por propósito principal de viaje

| PROPOSITO | METODOLOGÍA TRADICIONAL | METODOLOGÍA BASADA EN PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES Y CADENAS | DIFERENCIAS |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|
| HOGAR | 36,0% | 4,4% | 31,60% |
| ESTUDIO | 27,9% | 36,8% | -8,90% |
| TRABAJO | 21,1% | 41,2% | -20,10% |
| RECOGER A ALGUIEN | 13,4% | 14,0% | -0,60% |
| OTROS | 1,0% | 1,8% | -0,80% |
| DEJAR A ALGUIEN | 0,6% | 0,9% | -0,30% |
| ASUNTO PERSONAL | 0,3% | 0,9% | -0,60% |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

La distribución cambia en la medida en que cada procedimiento de recolección de información cuenta con una unidad de análisis fundamental distinta, para el caso de las cadenas de viaje, se aprecia que el propósito principal está asociado al desarrollo de la actividad primaria, predominando las actividades o propósitos de movilidad obligada (trabajo y estudio), la cual se desarrolla y ejecuta con encadenamientos preliminares.

Por su parte, el método tradicional, involucra cada uno de los propósitos que motivan el desplazamiento sin discriminación alguna.

8.3.1.3 DISTRIBUCIÓN POR MEDIO DE TRANSPORTE

Al comparar los resultados de distribución por medio de transporte de las dos metodologías evaluadas, se encuentra que el medio de transporte más utilizado se mantiene en las dos pruebas, pero los

siguientes medios de transporte obedecen a distinto orden. Es así como por ejemplo el medio de transporte Bus, tiene diferencias del 9,41%, el Intermunicipal diferencias de 9,65%, el Auto Particular diferencias del 2,3% y la Bicicleta diferencias por 3%.

Tabla 16. Comparativo de la distribución por propósito de viaje

| MEDIO DE TRANSPORTE | METODOLOGÍA TRADICIONAL | METODOLOGÍA BASADA EN PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES Y CADENAS | DIFERENCIAS |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|
| A PIE | 56,69% | 50,0% | 6,69% |
| BUS | 13,79% | 14,2% | -0,41% |
| AUTO PARTICULAR | 12,83% | 10,5% | 2,30% |
| ESPECIAL EMPRESA COL. | 4,83% | 6,0% | -1,21% |
| OTROS | 3,86% | 3,5% | 0,35% |
| BICICLETA | 2,21% | 5,3% | -3,06% |
| MOTO | 1,38% | 1,8% | -0,38% |
| INTERMPAL/TRANSM | 1,24% | 1,8% | -0,51% |
| TRANSM/INTERMPAL | 1,24% | 2,6% | -1,39% |
| TAXI | 0,55% | 0,0% | 0,55% |
| MOTO/INTERMPAL/TRANSM | 0,41% | 0,0% | 0,41% |
| TRANSM/INTERMPAL/A PIE | 0,41% | 0,0% | 0,41% |
| INTERMPAL/BUS | 0,28% | 1,8% | -1,48% |
| INTERMUNICIPAL/A PIE | 0,28% | 0,9% | -0,60% |
| INTERMUNICIPAL | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| BUS/INTERMUNICIPAL | 0,00% | 1,8% | -1,75% |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Frente a la distribución de los medios de transporte, se evidencia que el método de cadenas de viajes distingue con mayor representatividad los medios de viaje que se emplean con menor frecuencia (entre ellos alternativos y especiales como moto, bicicleta, taxi, etc.).

8.3.2 INDICADORES

Con base en los indicadores definidos para cada uno de los procedimientos de recolección de información de demanda de viajes, se procede con la revisión comparativa de los mismos y el equivalente para cada caso.

Tabla 17. Comparación de Indicadores base para cada metodología

| INDICADOR | FÓRMULA | METODOLOGIA TRADICIONAL | METODOLOGIA CADENAS DE VIAJE |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Cadena de Viajes por hogar | $= \frac{\sum \text{cadena de viajes}}{\text{No de hogares}}$ | N/A | 2,78 cadenas/hogar |
| Cadena de viajes por persona | $= \frac{\sum \text{cadena de viajes}}{\text{No de personas}}$ | N/A | 1,11 cadenas/persona |
| Tiempo de cadena de viajes máximo | Directo | N/A | 2229,2 min |
| Tiempo mínimo de cadena de viaje | Directo | N/A | 10,4 min |
| Tiempo promedio de cadena de viaje | $= \frac{\sum \text{Duración de cadena}}{\text{No de Personas}}$ | N/A | 860 min |
| Viajes individuales por hogar | $= \frac{\sum \text{viajes individuales}}{\text{No de hogares}}$ | 7,25 viajes/hogar | 10,67 viajes/hogar |
| Viajes individuales por persona | $= \frac{\sum \text{viajes individuales}}{\text{No de personas}}$ | 2.91 viajes/persona | 4.27 viajes/persona |
| Tiempo de viaje individual máximo | Directo | 270.0 min | 150 min |
| Tiempo de viaje individual promedio | $= \frac{\sum \text{duración de viajes}}{\text{No de viajes}}$ | 88,4 min | 30,50 min |

| INDICADOR | FÓRMULA | METODOLOGIA TRADICIONAL | METODOLOGIA CADENAS DE VIAJE |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Tiempo de viaje individual mínimo | Directo | 10.0 min | 10,0 min |
| Duración promedio de la captura por persona | $= \frac{\sum \text{Duración total de capt}}{(\text{No de Personas})}$ | 3.5 min | 1.9 min |
| Duración máxima de la captura por persona | Directa | 9.0 min | 7.0 min |
| Duración mínima de la captura por persona | Directa | 1.0 min | 1.0 min |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla de comparación de indicadores, se aprecia que la metodología de recolección de información de demanda de transporte por cadenas de viajes y programación de actividades, genera un mayor alcance para la ejecución de los análisis, pues permite entre otras cosas, interrelacionar todos los viajes individuales que ejecuta una persona en el desarrollo de su cotidianidad y la dependencia con actividades del día.

Con respecto a los indicadores equivalentes y comparables para cada metodología de recolección se aprecia que:

8.3.2.1 INDICADORES ASOCIADOS A LOS PATRONES DE VIAJE DESCRITOS

- Con la metodología tradicional de recolección de información no es posible elaborar indicadores base de seguimiento y comparación, que permitan describir comportamientos de encadenamiento de viajes y su dependencia con actividades de distinto orden.
- Le metodología de recolección de información basada en cadenas de viajes como la unidad fundamental permite realizar y definir

indicadores tanto para viajes encadenados como para viajes individuales asociados a las actividades cotidianas.

- La metodología de recolección de información de demanda de viajes por cadenas de viajes y programación de actividades, genera tasas mayores de producción de viajes individuales por hogar y persona, lo anterior teniendo en cuenta que el procedimiento de captura permite incorporar viajes individuales a través de un procedimiento lógico y consecutivo, que describe las cadenas de viajes producidas.
- Se observa que el método de recolección de información por cadenas de viajes como la unidad de análisis fundamental, genera tiempos de desplazamiento promedio menores a los reportados por la metodología tradicional. Lo anterior se sustenta en parte en la inclusión y reporte de mayor número de desplazamientos para la descripción y configuración de las cadenas de viaje.

8.3.2.2 INDICADORES ASOCIADOS A LA APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS

- Con respecto a la duración de la aplicación de las metodologías de recolección de información, se aprecia que la duración promedio del procedimiento entre la población de prueba consultada, es inferior en el procedimiento que contempla cadenas de viajes como la unidad fundamental de análisis. El tiempo promedio empleado con la metodología en mención es aproximadamente el 55% del tiempo necesario para llevar a cabo la recolección de información por individuo empleando la metodología clásica.
- El tiempo máximo empleado para registrar un usuario de la población de prueba, es mayor en el método clásico frente al método que emplea cadenas de viajes como unidad de análisis fundamental. El método tradicional reportó un tiempo máximo de aplicación de la prueba de 9 minutos, que se encuentra por encima

en un 23% del tiempo máximo empleado por el método que contempla cadenas de viaje.

- El tiempo mínimo empleado para registrar un usuario de la población de prueba es equivalente en los dos procedimientos aplicados, bordea el minuto.

8.3.3 ÍNDICES DE CORRELACIÓN Y VARIABLES ESTADÍSTICAS

Con el objeto de estudiar los comportamientos de las variables y datos generados por cada uno de los procedimientos de recolección de información de demanda de transporte, se procede con la comparación de los coeficientes de correlación y determinación, se revisa de este modo las mejores relaciones entre datos de variables producidas por cada uno de los procedimientos aplicados.

A continuación se encuentran las diferencias de los coeficientes de correlación entre las variables aplicando las dos metodologías evaluadas. Dado que en magnitud se sustrae el coeficiente obtenido en método tradicional del que se genera por el método de cadenas de viaje, un resultado positivo indica que la metodología tradicional produce una mejor relación entre variables, por otro lado, un valor negativo, indica que la mejor relación se produce con los datos de variables que se generan a través del procedimiento que emplea cadenas de viajes.

Tabla 18. Diferencia de coeficientes de Correlación (R) entre modelos

| | <i>Viajes- Cadenas</i> | <i>Habitantes</i> | <i>Duración</i> |
|------------------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| <i>Viajes -Cadenas</i> | 0 | | |
| <i>Habitantes</i> | 0,0238 | 0 | |
| <i>Duración</i> | 0,3703 | -0,244 | 0 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

- El coeficiente de correlación entre las variables *viajes vs. duración*, es de 0,9055, mientras que el coeficiente de correlación entre las

variables *cadena*s vs. *duración*, es de 0,5352, lo que corresponde a una diferencia absoluta de coeficientes de 0,3703, en tanto que la relación entre dichas variables evidencian una mayor correlación en el modelo tradicional.

- El coeficiente de correlación entre las variables *viajes* vs. *habitantes*, es de 0,7180, mientras que el coeficiente de correlación entre las variables *cadena*s vs. *habitantes*, es de 0,6942, lo que corresponde a una diferencia absoluta de coeficientes de 0,0238, en tanto que la relación entre dichas variables evidencian una mayor correlación en el modelo tradicional.
- El coeficiente de correlación entre las variables *duración* vs. *habitantes*, es de 0,652, mientras que el coeficiente de correlación entre las variables *cadena*s vs. *habitantes*, es de 0,896, lo que corresponde a una diferencia absoluta de coeficientes de -0,244, en tanto que la relación entre dichas variables evidencian una mayor correlación en el modelo basado en actividades y cadenas de viaje.

Por otro lado a continuación se encuentra la diferencia de los coeficientes de determinación R²: La diferencia entre coeficientes de determinación positiva indica una mejor relación entre datos de variables del procedimiento tradicional, en tanto que valores negativos determinan una mejor condición explicativa para el procedimiento que emplea cadenas de viajes y programación de actividades.

Tabla 19. Diferencia de coeficientes de Determinación (R²) entre modelos

| | <i>Viajes - Cadenas</i> | <i>Habitantes</i> | <i>Duración</i> |
|------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| <i>Viajes -Cadenas</i> | 0 | | |
| <i>Habitantes</i> | 0,0238 | 0 | |
| <i>Duración</i> | 0,3703 | -0,244 | 0 |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

- En el modelo tradicional existe un 2% adicional de la variabilidad total de la variable *viajes*, explicada por la variable “*habitantes*” y viceversa. Se Presenta una mejor condición para este procedimiento frente al que considera cadenas de viajes.
- En el modelo tradicional existe un 37% adicional de la variabilidad total de la variable *duración*, explicada por la variable *viajes* y viceversa. Se Presenta una mejor condición para este procedimiento frente al que considera cadenas de viajes.
- En el modelo tradicional existe un 24% menos de la variabilidad total de la variable *duración*, explicada por la variable *viajes* y viceversa. Se Presenta una mejor condición para el procedimiento de recolección que considera cadenas de viajes frente al tradicional.

Se aprecia que desde la perspectiva estadística y de relación de variables, el método tradicional genera mejores condiciones que el método que contempla cadenas de viajes y programación de actividades.

8.3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN POR CADENAS DE VIAJES

Una vez revisados y analizados los resultados generados en la aplicación de cada uno de los procedimientos de recolección de información, el primero diseñado con base en la metodología clásica que comprende el viaje individual como la unidad de análisis fundamental y el segundo, que sustenta la recolección de información en la cadena de viajes como unidad de análisis, se determinan las ventajas y desventajas de la aplicación de la segunda metodología frente a la primera.

Dado que en el aparte 5.3.2 se consideran las ventajas y limitaciones conceptuales del procedimiento de análisis que contempla la cadena de viajes como unidad de análisis fundamental, se describen a

continuación las ventajas y desventajas identificadas durante la ejecución de las labores en campo y los resultados producidos para cada caso.

En primer lugar se consideran los aspectos relacionados a la producción de resultados y descripción de patrones de viaje, luego, se incluyen aspectos relacionados a la ejecución de cada procedimiento aplicado a la población de prueba en el ámbito colombiano.

8.3.4.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA PRODUCCIÓN DE RESULTADOS

Una vez revisados la descripción de los patrones de viaje de la población de prueba, a partir de los datos generados con cada una de las metodologías de recolección de información de demanda de transporte de personas, se evidencian las siguientes ventajas y desventajas del procedimiento que considera cadenas de viajes frente al que emplea nociones tradicionales:

Tabla 20. Ventajas y desventajas de la metodología que contempla cadenas de viajes en aspectos asociados a la producción de resultados

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Se genera descripción del comportamiento de patrones de viaje con encadenamientos de desplazamientos y su derivación de actividades cotidianas. | Se generan relaciones entre variables que se explican de mejor manera con datos generados por el método tradicional. |
| Se genera información más detallada para desplazamientos cortos y que en conjunto generan condiciones de movilidad específicas. | |
| Se detalla en mayor medida el papel de desplazamientos con medios de transporte alternativos dentro de la ejecución de actividades cotidianas. | |
| Se generan patrones de viaje que permiten predecir comportamientos de movilidad de la población en estudio, atendiendo relaciones directas entre las | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| actividades y viajes derivados | |
| Se genera información de patrones de viajes que contempla el encadenamiento de viajes y a su vez, la posibilidad de analizar viajes individuales que produce la población. Se conforman elementos para la toma de decisiones a nivel macro (zonal) y micro (local). | |
| Se genera mayor cantidad de insumos de información para predecir el comportamiento de la demanda de transporte de pasajeros a partir de la población consultada. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de aplicación de procedimientos.

8.3.4.2 ASPECTOS RELACIONADOS A LA EJECUCIÓN DE PROCEDIMIENTOS

Para analizar las ventajas y desventajas en aspectos asociados a la ejecución de cada uno de los procedimientos, se contempla tres aspectos a saber:

- La duración de los procedimientos que se registraron en campo
- La percepción de los usuarios frente a la dificultad de los procedimientos
- La percepción y disponibilidad de los usuarios para repetir la prueba.

Al analizar la duración total y promedio de las dos metodologías evaluadas, resulta más ventajoso operar bajo la metodología de Cadenas de Viajes, en tanto se reduce el tiempo promedio por prueba en 1,6 minutos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 21. Comparativo de la duración de la aplicación de las pruebas

| Duración | Metodología tradicional | Metodología cadenas de viajes | Diferencia |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------|
| Duración total pruebas (min) | 417 | 225 | 192 |
| Duración promedio por prueba (min) | 3,5 | 1,9 | 1,6 |

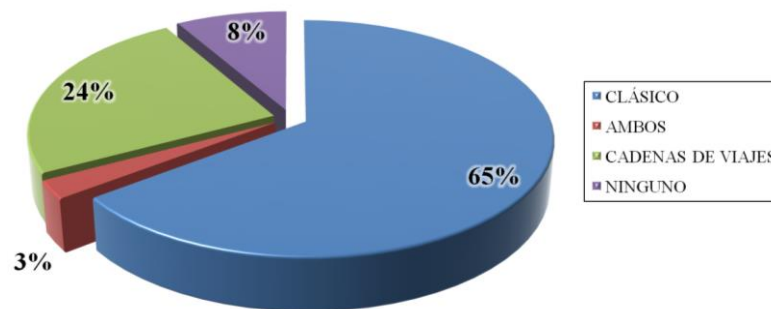
Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Además de la duración de las pruebas es necesario contar con la percepción de los encuestados, para ello se presentaron los siguientes resultados con base en las preguntas incluidas en el formulario de consulta:

¿Qué procedimiento le presentó mayor dificultad?

A dicha pregunta el 65% contestó que la metodología tradicional, el 24% que la metodología de cadenas de viajes, el 3% se refirió a las dos metodologías y el 8% restantes manifestó que ninguna de las metodologías. Estos resultados resultan a favor de la metodología de cadenas de viajes para la población de prueba consultada.

Ilustración 28 Procedimiento que presento mayor dificultad a la población consultada

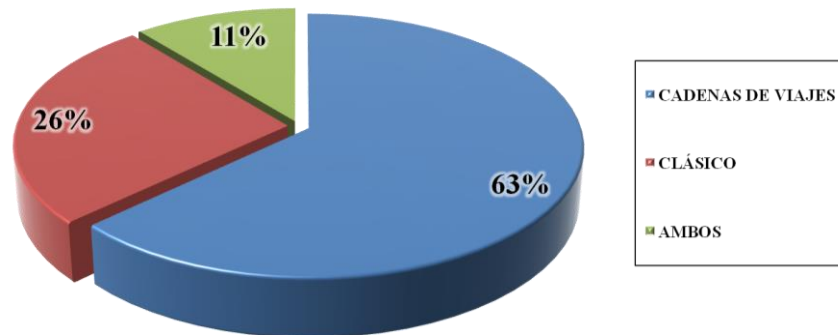


Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

¿Qué procedimiento repetiría?

El 65% repetiría la metodología cadenas de viajes, el 26% repetiría la metodología tradicional y el 11% repetiría ambas metodologías. Al igual que la pregunta anterior las respuestas de esta pregunta favorecen la metodología de cadenas de viajes.

Ilustración 29 Procedimiento que repetiría



Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas. Mayo 2013.

Con base en los aspectos mencionados, se definen las siguientes ventajas y desventajas del método de recolección de información de demanda de transporte por cadenas de viajes frente al método tradicional:

Tabla 22. Ventajas y desventajas de la metodología que contempla cadenas de viajes en aspectos asociados a la ejecución de procedimientos

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Se genera un menor tiempo de aplicación de la información por individuo y global. | El procedimiento no es conocido entre los usuarios y causa inquietud durante la consulta preliminar. |
| La mayor parte de la población de prueba consultada en el contexto colombiano considera que el procedimiento es el de menor dificultad | Implica un mayor esfuerzo en la descripción detalla del ejercicio de recolección de la información por parte del encuestador. |
| La población de prueba consultada en el contexto colombiano expresa en mayor proporción que preferiría repetir el procedimiento sustentado en cadenas de viajes. | |
| Se requiere de un nivel inferior de recursos para recopilar la información con procesos de consulta directa a usuarios. | |

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas.

8.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS EN LA POBLACIÓN DE PRUEBA

Con base en los resultados obtenidos de la aplicación de las metodologías de recolección de información, y teniendo en consideración los aspectos conceptuales, las alternativas de análisis y profundidad de la información, los aspectos propios de la ejecución de los procedimientos y la sensibilidad de los usuarios frente a los mismos, se elabora un análisis multicriterio que permite contrastar las condiciones de aplicación de cada metodología. Con base en lo anterior se identifica el potencial de los procedimientos para ser aplicados en el contexto colombiano y se selecciona la mejor opción integralmente.

La matriz de evaluación multicriterio, contempla los mismos criterios de evaluación descritos en el aparte 6.2, con los componentes y pesos relativos respectivos.

El procedimiento de recolección evaluado, calificado y ponderado, que obtenga el mayor puntaje, será considerado como el que brinda las condiciones más favorables para la recolección de información en el contexto de análisis. A continuación se ilustran los resultados obtenidos:

Tabla 23. Matriz para evaluación de la aplicación de las metodologías desde perspectiva de usuarios y comunidad

| CRITERIO | | CLASIFICACIÓN | PONDERACIÓN | | METODO TRADICIONAL | | METODOLOGÍA BASADA EN CADENAS DE VIAJE | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|----|--------------------|-------------|----------------------------------------|-------------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | | | | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. |
| | | | | | | | | |
| USUARIOS Y COMUNIDAD EN GENERAL | Tiempo requerido de los usuarios para la consignación de la información. | Objetivo | 35% | 5% | 5 | 0,25 | 10 | 0,5 |
| | Generación de incomodidades frente al proceso de recolección de información. | Subjetivo | | 5% | 5 | 0,25 | 10 | 0,5 |
| | Nivel de apoyo para la comprensión de formularios y procedimientos de consulta. | Objetivo | | 5% | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| | Posibilidad de capturar de percepciones adicionales de los usuarios a través de la metodología de recolección. | Objetivo | | 5% | 5 | 0,25 | 10 | 0,5 |
| | Requerimiento de instrumentos y equipos propios de los usuarios para realizar actividades de diligenciamiento de la información | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 |
| | Requerimientos de niveles de formación de los usuarios para garantizar resultados confiables del proceso de recolección de información. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 |
| | Confiabilidad de la disponibilidad de los usuarios para hacer parte del proceso de recolección de información. | Subjetivo | | 5% | 5 | 0,25 | 10 | 0,5 |
| SUBTOTAL | | | | | 40 | 2 | 60 | 3,0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Matriz para evaluación de la aplicación de las metodologías desde perspectiva del ejecutor directo de la recolección de información

| CRITERIO | | CLASIFICACIÓN | PONDERACIÓN | | METODO TRADICIONAL | | METODOLOGÍA BASADA EN CADENAS DE VIAJE | |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|----|--------------------|-------------|----------------------------------------|-------------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | | | | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. |
| | | | | | | | | |
| EJECUTOR DIRECTO DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | Facilidades en el control del proceso de recolección de la información para garantizar estándares de confiabilidad aceptables. | Objetivo | 25% | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 |
| | Flexibilidad para realizar cambios y ajustes en el proceso de recolección de información antes, durante y después de la ejecución. | Objetivo | | 5% | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Maximización de eficiencia en la ejecución de las labores de recolección de información. | Subjetivo | | 3% | 5 | 0,15 | 10 | 0,3 |
| | Niveles de consumo de recursos humanos, materiales y energía para llevar a cabo la recolección de información. | Objetivo | | 2% | 5 | 0,1 | 10 | 0,2 |
| | Presencia de factores exógenos que dificulten los procesos de recolección de información (pérdidas de energía eléctrica, depenencia de baterías, fallas en dispositivos, etc.). | Objetivo | | 2% | 10 | 0,2 | 10 | 0,2 |
| | Complejidad de procesos de diseño de la captura de información | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 |
| | Requerimientos de niveles de formación del personal que lleva a cabo directa o indirectamente el proceso de recolección de información. | Objetivo | | 3% | 10 | 0,3 | 5 | 0,15 |
| | SUBTOTAL | | | | | 50 | 1,75 | 55 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Matriz para evaluación de la aplicación de las metodologías desde perspectiva del Estado y entes de planificación

| CRITERIO | | | PONDERACIÓN | | METODO TRADICIONAL | | METODOLOGÍA BASADA EN CADENAS DE VIAJE | |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|-----|--------------------|-------------|----------------------------------------|-------------|
| AGENTE | DESCRIPCIÓN | CLASIFICACIÓN | | | VALOR | VALOR POND. | VALOR | VALOR POND. |
| ESTADO Y ENTES DE PLANIFICACIÓN | Alcance de los análisis técnicos con base en la información recolectada. | Objetivo | 40% | 10% | 5 | 0,5 | 10 | 1 |
| | Generación de insumos técnicos para facilitar la gestión institucional a escala local, general e interregional. | Objetivo | | 5% | 5 | 0,25 | 10 | 0,5 |
| | Identificación de necesidades de transporte e infraestructura para distintos grupos poblacionales. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 |
| | Requerimiento de recursos y partidas (personal, instrumentos, herramientas) para la ejecución de los procedimientos de recolección de información en el local. | Objetivo | | 10% | 5 | 0,5 | 10 | 1 |
| | Flexibilidad y facilidad para reproducir el procedimiento de recolección de información en distintos periodos y zonas de estudio. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 |
| | Nivel de costos marginales para la generación de insumos de planificación con el proceso de recolección de información. | Objetivo | | 5% | 10 | 0,5 | 10 | 0,5 |
| SUBTOTAL | | | | | 45 | 2,75 | 60 | 4 |
| TOTAL VALORACIÓN | | | | | 135 | 6,5 | 175 | 8,9 |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis multicriterio para evaluar la aplicación de las metodologías se concluye:

- La metodología basada en cadenas de viaje obtuvo el mayor puntaje en el proceso, por tal motivo es considerada como la más conveniente para efectuar el proceso de recolección de información en el contexto de análisis. Ante esto, se identifica que el procedimiento es aplicable en el contexto colombiano a partir de todos los criterios de análisis estudiados.
- Frente a los criterios definidos desde las perspectivas de los agentes implicados en el proceso de recolección de información, se aprecia que para los usuarios y comunidad en general, para el ejecutor directo de la toma de información y desde la perspectiva del Estado y los entes de planificación, la metodología que se sustenta en las cadenas de viajes ostenta la mejor condición de aplicabilidad.

8.5 DEFINICIÓN DE ALCANCE Y VIABILIDAD DE LA APLICACIÓN

Como se observó durante la aplicación de la metodología de recolección de información que emplea las cadenas de viajes como la unidad de análisis fundamental, existen múltiples aspectos que permiten establecer la condición favorable de efectuar el procedimiento en centros poblados del país.

Frente a las posibilidades de análisis y producción de información que permite caracterizar patrones de viaje de la población, se denota que la metodología presentar una mayor amplitud en las posibilidades de estudio, pues comprende los viajes individuales y las relaciones que entre ellos se generan para la ejecución de actividades, produciendo datos asociados a un mayor número de variables explicativas. Se genera por consecuencia profundidad en el alcance de información generada de demanda de transporte de personas que se desplazan al interior de un centro poblado, o entre distintos centros (intermunicipalidad). La profundidad de los análisis por desarrollar y la predicción de circunstancias partir de los insumos de información generada permiten, bajo las necesidades de cada ente territorial, la toma de decisiones a distintas escalas territoriales.

La población de prueba consultada, que corresponde a un grupo de personas con características tipo comunes en muy buena parte del territorio nacional, expresaron contar con menores dificultades de respuesta para el procedimiento que emplea la cadena de viajes como la unidad de análisis, así mismo, la mayor parte indicó tener mayor disposición para repetir este procedimiento sobre el tradicional.

Considerando los aspectos contrastados entre la aplicación de metodología de recolección de información sustentada en cadenas de viajes y la tradicional, que contempla el viaje individual como la unidad de

análisis, se determina que la primera es viable para aplicar al contexto colombiano en la medida en que genera mayor cantidad de insumos de información para la predicción de demanda de viajes de personas, permite establecer indicadores que describen los patrones de viaje que se generan con la metodología tradicional, se genera la posibilidad de construir indicadores adicionales, y presenta ventajas importantes frente a las desventajas evidenciadas.

Si bien se encontró que la relación entre variables para cada uno de los procedimientos presentó una mejor condición para la metodología clásica, se considera que las interrelaciones entre datos de variables que se generan del procedimiento que emplea cadenas de viajes es aceptable, para efectos de la reproductibilidad del procedimiento y la predicción de condiciones de demanda de transporte a partir de una muestra dada.

Todos los determinantes de demanda que se reportan en la metodología tradicional de captura de información (tarifas, actividad económica, población, tiempo de viaje, entre otros), se registran de igual modo en la metodología que emplea cadenas de viajes y programación de actividades, e incluso se generan datos adicionales.

La metodología de recolección de información se considera aplicable al contexto colombiano, y particularmente sobre el 95% de los centros poblados del país (74% de la población) que presentan las condiciones tipo de la población de prueba del presente estudio. Permitiendo la generación de insumos de predicción de demanda de viajes de personas a escala municipal e intermunicipal.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De los ejercicios realizados se infiere que la metodología de recolección de información por cadenas y actividades programadas, se constituye en una herramienta práctica para recopilar información de demanda de viajes de personas a través de un ejercicio de consulta que pregunta por rutinas de actividad y los viajes derivados de ellas.

2. Las metodologías de recolección de información por cadenas de viajes, generan un mayor número de variables de análisis (explicativas) que describen los patrones de viaje de la población de prueba estudiada frente a los procedimientos que emplean viajes no encadenados. Sin embargo, es necesario establecer a través de trabajos investigativos la relevancia de la información generada en el contexto de análisis nacional, dadas las capacidades técnicas, administrativas y de gestión de los entes u organismos de planificación.

3. Se deduce a partir de los reportes de usuarios encuestados que la metodología de recolección de información por cadenas de viajes y actividades programadas, genera facilidades de respuesta a los individuos objeto de consulta, pues el modo de indagar por viajes y actividades atiende a un ejercicio lógico que encadena las actividades diarias programadas por el individuo con los viajes necesarios para llevarlas a término. Para lo anterior, es conveniente ratificar esta tendencia de percepción a través de la ejecución de la metodología en muestras específicas de distintas poblaciones colombianas.

4. Las metodologías de recolección de información por cadenas de viajes, toures y programación de actividades han sido aplicadas en distintos lugares del mundo con el objeto de obtener información de demanda de viajes de personas de forma detallada, para tal caso se han

aplicado distintos procedimientos que emplean consultas a usuarios con registros de información en medio físico, electrónico y computacional.

5. Una vez estudiados las nociones teóricas-conceptuales y los resultados de la aplicación de las metodologías de recolección de información por cadenas de viajes, se evidencia la generación de insumos de información que permiten efectuar la gestión y toma de decisiones de órganos administrativos a distintas escalas de intervención sobre el territorio y el espacio público (espacio para la movilidad), es por consecuencia necesario profundizar en la pertinencia de generar mayores alcances de información frente a las posibilidades reales de ejecución de entes administrativos de orden público.

6. Con base en la revisión de la aplicación de las metodologías de recolección de información de demanda de viajes en distintas partes del mundo, se denota la importancia de emplear procedimientos de captura de información empleando medios electrónicos y computacionales que permitan diligenciamiento de formatos en tiempo real, sin embargo, a pesar de garantizar un mejor nivel de calidad de la información, el nivel de recursos requerido puede constituirse en una limitante para su adopción en países que se encuentran en vías de desarrollo y por lo tanto es un aspecto instrumental que debe considerarse en iniciativas de aplicación en el plano nacional.

7. Con respecto a los resultados obtenidos de la aplicación de las metodologías de recolección estudiadas en el presente (clásica y por cadenas de viaje) en el contexto colombiano, se evidenció variabilidad en distribución de propósito de viaje para cada unidad de análisis fundamental, esto se presenta en el entendido de que las cadenas consideran un propósito inicial predominante y los viajes individuales todos los propósitos sin orden de prioridad alguno.

8. Los datos o insumos generados para caracterizar y predecir demanda de transporte de personas por la metodología que concibe la cadena de viajes como la unidad de análisis fundamental, que incluye a su vez viajes de escala local (municipal) e interlocal (intermunicipal), permiten describir el comportamiento de viaje y tendencias de movilización de la población partiendo de un nivel general (cadenas de viaje-agregados de viaje y actividades del día) a uno particular (viaje individual que compone cadenas de viaje). Por otra parte, la metodología tradicional permite extraer insumos de información desde el nivel particular (viaje individual), que luego se procesa para establecer las condiciones y comportamientos de demanda de transporte de personas generales.

9. Del análisis de resultados que permiten caracterizar la demanda de transporte en la población de prueba, la revisión ventajas y desventajas tanto teóricas como empíricas de la metodología de recolección de información por cadenas de viaje, los resultados de las consultas de percepción a usuarios, el estudio de la relación entre variables (consideraciones estadísticas) y de indicadores, se concluye que la aplicación de la metodología bajo los criterios de análisis establecidos es viable en el contexto Colombiano. Por lo anterior, se hace necesario evaluar e investigar los beneficios generalizados adicionales que generaría en el ámbito nacional, la implementación del procedimiento en los procesos técnicos de captura y caracterización de demanda de transporte de personas.

10. Una vez evidenciadas las condiciones predominantes durante la aplicación de metodologías de recolección de información en una población colombiana, que contempla la cadena de viajes como la unidad fundamental, se considera preciso profundizar en los alcances estadísticos, los niveles de representatividad y las especificaciones del

diseño de la muestra que requiere el método para garantizar confiabilidad y reproductibilidad en los resultados.

11. Es relevante profundizar en propuestas de análisis de información de demanda de viajes de personas por cadenas de viaje y programación de actividades, considerando las implicaciones que generan posibles interrelaciones y restricciones espacio – temporales entre subcadenas de viaje anidadas en distintos niveles.

12. Debido a los dinamismos que presentan los centros poblados del país, se considera pertinente profundizar en la definición de mecanismos que permitan incorporar y articular instrumentos de planificación de orden nacional y local como los Planes de Ordenamiento Territorial o Planes de Movilidad, con las metodologías de recolección de información que contemplan cadenas de viajes y su dependencia a la producción de actividades.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdul, R. P. & Chandra, R. B. *Activity-Based Travel Demand Analysis*, Chapter 17. University of Texas at Austin. 2010.

Abolfazl (Kouros) Mohammadian. *An Activity-Based Microsimulation Model of Travel Demand in the Jakarta Metropolitan Area*, Journal of Choice Modelling. Chicago. 2009.

Ajay Kumar & David Levinson. *Chained trips in montgomery county, maryland*, submitted to ITE Journal. 1995

Alex Anas. *A unified theory of consumption, travel and trip chaining*, New York. 2006.

Ana Matas. *La Demanda del Transporte Urbano*. Universidad Autónoma de Barcelona. Investigaciones Económicas. 1991.

Ángel Molinero. *Transporte Público: Planeación, Diseño y Administración*. Estudios de Transporte. México D.F. 2003

Ben Akiva. *Behavioral Realism in Urban Transportation Planning Models*, Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, USA. 1998.

Ben Akiva. *Bowman, Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules*, USA. 1999.

Bowman, John L. *Activity based travel demand model system with daily activity schedules*, Department: Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Civil and Environmental Engineering Publisher: Massachusetts Institute of Technology. 1995.

Cal&Mayor. *Manual de Planeación y diseño para la administración del Tránsito y el Transporte Tomo V: Tránsito y Transporte en Bogotá D.C.* Bogotá. 2005.

Clarke M.I., Dix M.C., Jones P.M. & Heggie I.G., *Some Recent Developments in Activity-Travel Analysis*. Transportation Research Record 794, 1-8. 1981.

D. Simmonds. *Activity-based modelling: Research directions and possibilities*, London. 2000.

David Hensher. *Trip chaining as a barrier to the propensity to use public transport*. Business and Economics Transportation, Vol 27. University of California. 2000.

De Russ, Guinés. *Economía del Transporte*. Barcelona, España. Edit. Antoni Boch. p.p. 448. 2004.

Doherty, Sean. *The validity of using activity type to structure tour-based scheduling*. Models. University of Illinois at Chicago. 2010.

Domencich T. & McFadden D. *Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis*. North-Holland, Amsterdam. 1975.

Ería. *Estudio de la Movilidad diaria en España; Limitaciones en las fuentes y alternativas propuestas*. España. 2005.

JICA. Chodai Co. *Estudio del plan maestro de transporte urbano de Santafé de Bogotá*. Bogotá. 1996.

Ministerio Federal de Transportes, *Estudios de viajes de Personas. Obras Públicas y Desarrollo Urbano Alemán (BMVBS)* disponible el Septiembre 28 de 2011 en: <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/>

Fabio Regueros C. *Reflexiones sobre transporte urbano*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1995.

Frank Milthorpe. *Comparison of Trip and Tour Analysis of Sydney Household Travel Survey Data*, Australia. 2010.

González, Carlos. *Modelación de la distribución de viajes del Valle de Aburrá*. Universidad Nacional de Colombia. 2009.

Heinz Spiess. *Computing Activity chain Based Trip Distribution Models*. Swirzerland. 1996.

Isabelle Thomas. *Toward conceptualizing Trip Chaining behavior: A review*. 2010.

John L. Bowman. *Activity-based travel forecasting*, Cambridge, USA. 1995.

John I. Bowman, Phd. Mark Bradley. *Demonstration of an activity-based model system for Portland, USA*. 1994.

Jose Holguín. *Modeling commercial vehicle empty trips with a first order trip chain model*, Department of Civil Engineering, The City College of New York, New York. 2001.

Juan Pablo Bocarejo. *Las encuestas de transporte insumo determinante para la medición de la sostenibilidad*. Grupo de estudios en sostenibilidad urbana y regional, Bogotá. 2011.

Kay, Axhausen. *Activity Based approaches to travel analysis*. Transport reviews. 1992.

Keith Lawton. *Activity and time use data for activity-based forecasting*, Oregon. 1994.

Kim, Hyung Jin, Ph.D. *Trip-chaining behavior and spatial interaction models*. University of Illinois at Chicago, 135 pp.1998.

Kouros Mohammadian. *Martina Frignani Senior travelers' trip chaining behavior: survey results and data analysis*, University of Illinois at Chicago. 2011.

Manuel, Santana. *Análisis comparativo de metodologías estadísticas y definición de variables de las encuestas de viajes de Bogotá, años 1995 y 2005*. Universidad de los Andes, Bogotá. 2009.

McNally Michael. *The activity based approach*. Institute of transportation studies. University of California. 2000.

McNally, Michael G. *The Activity-Based Approach*, Department of Civil & Environmental Engineering and Institute of Transportation Studies, University of California, Irvine. 2000.

Nancy McGuckin. *Viajes, cadenas y Tours-Usando una definición operativa*. Presentado para la Conferencia de NHTS. 2004.

Oppenheim, Norbert. *Applied Models in urban and regional analysis*. Polytechnic Institute of New York, New York. 1980.

Paul, Metaxatos. *Trip Chains: Theoretical development and empirical analysis*. University of Illinois at Chicago, 218 pp. 1995.

Ricardo Moctezuma. *Transformación de Bogotá 1995 – 2003*, Mitos y Realidades, Bogotá. 2006.

Richard B. Ellison, Simon Fifer Stephen Greaves. *A comparison of methods to reclassify trip purpose within trip chains*, Australia. 2010.

Ryuichi Kitamura. *Incorporating trip chaining into analysis of destination choice*, Department of Civil Engineering, University of California, Davis, CA 95616, U.S.A. 2002.

Sadayuki Yagi & Abolfazl K. Mohammadian. *Modeling Daily Activity–Travel Tour Patterns Incorporating Activity Scheduling Decision Rules*. 2008.

Sean Doherty, Abolfazl Mohammadian. *The validity of using activity type to structure tour-based scheduling models*. 1998.

Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá. *SDM realizará la encuesta de movilidad 2011*, Bogotá. 2011.

Stacey Golembeski. *Trip Chaining: Linking the Influences and Implications*, The University of Texas at Austin. 2008.

Stefaan Vande Walle. *Space and time related determinants of public transport use in trip chains*, Belgium. 2006.

Stefaan Vande. *Practical Approach to Model Trip Chaining*, Journal Transportation Research Board of the National Academies, USA. 2007.

Takuya Maruyama. *Efficiency and equity comparison of cordon-and area-based road pricing schemes using a trip-chain equilibrium model*, Hong Kong. 2006.

Theo Arentze. *Modeling and Measuring Individuals Mental Representations of Complex Spatio Temporal Decision Problems*, Rotterdam. 2008.

Thomas F Golob. *The trip chaining activity of Sydney residents: A cross-section assessment by age group with a focus on seniors*, Institute of Transportation Studies, University of California, 522 Social Science Tower, Irvine, CA 92697-3600, United States. 2006.

User Manual. (n.d.). *Traffic Mobility Logistic*. VISIM 4.0. 2005.

Yang Yang, Yao Enjian. *Trip Chain's Activity Type Recognition Based on Support Vector Machine*. University of Technology Beijing. 2008.

Yao & Liya. *Trip Generation Model Based on Destination Attractiveness*, Beijing. 2008.

Yuhwa Lee. *Simon Washington, Household type and structure, time-use pattern, and trip-chaining behavior*, Transportation research. 2007.