

Inventarios viales y categorización de la red vial en estudios de Ingeniería de Tránsito y Transporte

Road Inventories and the Road Net Categorization in the Traffic and Transport Engineering Studies

Fecha de recepción: 15 de diciembre de 2010
Fecha de aprobación: 3 de mayo de 2011

Julián Rodrigo Quintero González*

Resumen

Se presentan las principales consideraciones y los aspectos técnicos fundamentales de la elaboración de Inventarios Viales y la Categorización de la Red Vial, aplicadas a la realización de estudios de ingeniería de tránsito y transporte. Se exponen los aspectos generales relacionados con la elaboración de los inventarios de infraestructura vial, de señalización y dispositivos de control, de estacionamientos, de paraderos y de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros, como una herramienta práctica para complementar los procedimientos de campo y optimizar los procesos y análisis de resultados orientados a identificar, caracterizar y cuantificar las variables relacionadas con el desarrollo del fenómeno del tránsito y la actividad del transporte.

Palabras clave: Categorización de la red vial, Inventario de infraestructura vial, Inventario de señalización, Inventario de estacionamientos, Inventario de paraderos, Inventario de rutas de transporte.

Abstract

The fundamental technical aspects and the main considerations for the Road Inventories and the Road Net Categorization's elaboration, applied to the traffic and transport engineering studies' realization, are presented. The general aspects related with the road infrastructure, the signaling and the control devices, parking stations, bus stops and the passengers urban public collective transportation routes' inventory elaboration are exposed, as a practical tool to complement the field procedures and to optimize the processes and the results analysis directed to identify, to characterize and to quantify the related variables with the traffic phenomenon development and the transport activity.

Key words: Road Net Categorization, Road Infrastructure Inventory, Signaling Inventory, Parkings Inventory, Whereabouts Inventory, Transport Routes' Inventory.

* Ingeniero en Transporte y Vías, UPTC. Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos, USTA. Magíster(c) en Ingeniería Ambiental, UPTC. Docente área de Tránsito, Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Investigador Grupo de Investigación y Desarrollo en Planeación y Operación del Transporte GIDPOT, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. jrquinterog.itv@gmail.com, julian.quintero@uptc.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

Gran parte del trabajo del ingeniero civil, de caminos, de carreteras, de tránsito o de transporte y vías consiste en analizar una problemática específica como etapa preliminar a la planeación, diseño y construcción de cualquier proyecto de infraestructura [1]. Cuando se trata específicamente de la infraestructura del transporte, dicho análisis se realiza a partir del estudio del fenómeno del tránsito y de un diagnóstico de las características de los elementos que intervienen en el desarrollo de la actividad del transporte, entre estos, la vía y los dispositivos para el control del tránsito [2], y los estacionamientos, paraderos y rutas de transporte encontrados en el área de influencia del sitio objeto de estudio, que afectan directamente el comportamiento del tránsito en las ciudades. El estudio de los elementos mencionados se realiza mediante la elaboración de inventarios viales y la categorización de la red vial, para lo cual el registro de datos y su análisis se convierten en información con un gran valor técnico y en el punto de partida para la posterior realización de estudios de ingeniería de tránsito y transporte más detallados, como los estudios de volúmenes de tránsito, maniobras en intersecciones, velocidades de punto y a flujo libre, tiempos de recorrido y demoras, demoras en intersecciones semaforizadas, flujos de saturación, estacionamientos, volumen, velocidad y densidad peatonal, accidentalidad, comportamiento de usuarios, frecuencia y ocupación visual, y ascenso y descenso de pasajeros, entre otros.

II. INVENTARIOS VIALES

A. Inventario de infraestructura vial

El *inventario de infraestructura vial* se emplea para conocer las condiciones de operabilidad y funcionalidad de una vía, a partir de una descripción detallada de sus condiciones físicas, geométricas y de diseño; la forma más usual de elaborar este inventario es a través de una inspección visual, que

consiste en hacer un reconocimiento a lo largo del sector o tramo objeto de estudio, para cuantificar y calificar sus condiciones [1]. La metodología para la inspección visual incluye la descripción completa de tres aspectos fundamentales: 1) Descripción de la vía; 2) Geometría de la vía, y 3) Estado superficial del pavimento y obras complementarias.



Fig. 1. Kilómetro 2 vía Tunja-Sogamoso

La *descripción de la vía* consiste en el registro de sus características generales, tales como: localización, sentido de circulación, límites, tipo de vía (autopista, principal, colectora y local) y tipo de pavimento (flexible, tratamiento superficial, rígido y en afirmado o en tierra). Dentro de los criterios que se deben examinar en la *geometría de la vía* se encuentran los siguientes: longitud del tramo, ancho de la calzada, número de carriles, ancho y altura de andenes, ancho de bermas, separador y zonas laterales; esta situación se ilustra en la Fig. 1; también se puede analizar la distancia de visibilidad y la longitud disponible para el frenado [1]. La evaluación del *estado superficial del pavimento* consiste básicamente en identificar las fallas, defectos o daños que presenta, y que provocan un funcionamiento deficiente y una reducción en su vida útil (Tabla 1).

Tabla 1
Daños en la calzada y en las bermas considerados en el Inventario de Infraestructura

Tipo de daño	Denominación	Símbolo	Unidad de medida
FISURAS	Fisuras longitudinales	FL	m
	Fisuras transversales	FT	Longitud en metros de carril afectado
	Fisuras de junta	FJ	
	Fisuras en bloque	FB	m ²
	Piel de cocodrilo	PC	Superficie afectada en metros cuadrados
	Fisuras media luna	FML	
DEFORMACIONES	Abultamiento	AB	m ² Superficie afectada en metros cuadrados
	Ahuellamiento	AH	
	Desplazamiento de borde	DB	
	Hundimientos	HU	
	Media luna	ML	
DESPRENDIMIENTOS	Bache	BCH	m ² Superficie afectada en metros cuadrados
	Parche	PCH	
	Descascaramiento	DC	
	Pérdida de agregados	PA	
	Pérdida de ligante	PL	
OTROS DAÑOS	Afloramientos	AFL	Número de veces que se presenta
	Cabezas duras	CD	m ²
	Exudación	EX	Superficie afectada en metros cuadrados
	Pulimento	PU	
DAÑOS EN LAS BERMAS	Hundimiento	HUB	m
	Separación de berma	SB	Longitud afectada en metros
	Fisuramiento	FSB	
	Baches	BCB	m ² Superficie afectada en metros cuadrados

Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

La evaluación del estado de las vías urbanas y las carreteras es un aspecto importante por considerar en el análisis de los factores operacionales relacionados con la calidad y el nivel del servicio de su infraestructura. El estado de la infraestructura vial afecta los parámetros macroscópicos de volumen, velocidad y densidad considerados en el estudio del fenómeno del tránsito; esto se explica en que de acuerdo con las características geométricas de la vía, el estado del pavimento y las obras complementarias, los usuarios (conductores y peatones) definirán sus preferencias a la hora de realizar cualquier desplazamiento, lo cual, a su vez, afectará el comportamiento de los flujos vehiculares y

peatonales, las velocidades desarrolladas por los vehículos y los resultados de los análisis de los valores obtenidos para los parámetros mencionados.

B. Inventario de señalización y dispositivos de control

En el seguimiento y mantenimiento de vías rurales y urbanas se debe considerar la evaluación de la funcionalidad y suficiencia de la señalización y de los dispositivos utilizados para el control de tránsito, los cuales tienen como principal función proveer movilidad de manera organizada a los usuarios, indicándoles la forma correcta en que deben

C. Inventario de estacionamientos

Los inventarios de estacionamientos son una de las técnicas más utilizadas para obtener información acerca de la oferta de espacios libres para los vehículos dentro y fuera de la vía y sus características geométricas y de diseño. En la realización de este tipo de inventario se deben tener en cuenta aquellos vehículos que debido al alto tráfico vehicular se ven obligados a permanecer estacionados gran parte del día; esta consideración, junto con la información obtenida en el inventario, facilita el diseño de mecanismos como paraderos o bahías laterales, que ayudan a disminuir

las interferencias entre los vehículos que necesitan estacionarse, y aquellos que se encuentran en movimiento dentro de un flujo vehicular. Cuando se trate de estacionamientos dentro de la vía (que tradicionalmente se ubican sobre la vía, adyacente al andén, frente a instalaciones comerciales, edificios de oficinas y viviendas) y fuera de la vía (que pueden ubicarse en lotes o en edificios, tal como lo muestra la Fig. 4, los cuales, a su vez, pueden ser para uso público o privado), a partir de la información recolectada se procede a realizar una serie de gráficas o diagramas circulares con el fin de lograr un diagnóstico global de todos los estacionamientos inventariados.



Fig. 4. Estacionamiento calle 20 entre carreras 7 y 8 en el centro de Tunja

A continuación se presentan los resultados obtenidos de un inventario de estacionamientos elaborado en algunos de los principales ejes viales del marco del centro histórico de la ciudad de Tunja, entre estos, las Carreras 8^a, 9^a y 11. Del total de los estacionamientos inventariados, el 80% se encuentran localizados en lotes fuera de la vía, y son de uso público, y el 20% son estacionamientos sobre la vía con batería tipo cordón (Fig. 5.). En cuanto a las tarifas, el 20% de los establecimientos cobran \$800 por una hora o por fracción, en otro 20% se cobran \$900, un 40% cobra \$1000 y el 20%

restante no tiene tarifas establecidas por estar ubicados sobre la vía (Fig. 6.). Cabe mencionar que, en la zona inventariada, las tarifas se establecen de acuerdo con la infraestructura existente en cada parqueadero.

La Fig. 7 muestra que el 30% de los estacionamientos inventariados están en capacidad de ofrecer al menos 20 plazas para los autos, el 40% están en capacidad de ofrecer hasta 40, un 20% ofrece hasta 60 y solo el 10% cuenta con la infraestructura suficiente para albergar más de 61 automóviles.

No obstante, el 30% de los estacionamientos inventariados ofrecen espacios cubiertos para protección de los vehículos, el 70% restante no cuenta con este tipo de infraestructura (Fig. 8).

El 50% de los estacionamientos cuentan con pavimento flexible, un 30% poseen capa de rodadura en afirmado, un 10% poseen pavimento rígido y el 10% restante presentan pavimento articulado (Fig. 9).

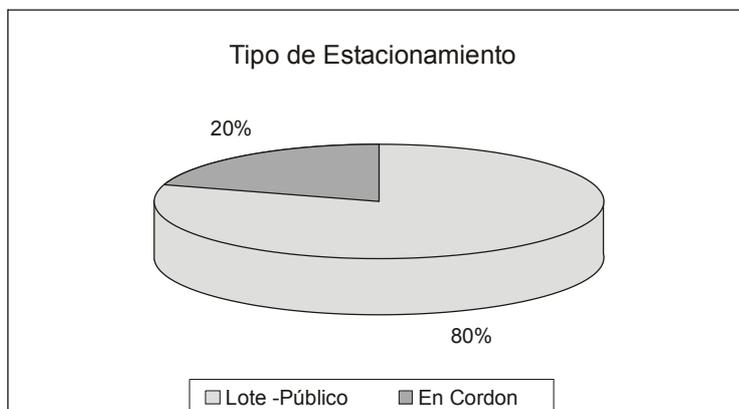


Fig. 5. Distribución por tipo de estacionamiento

Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

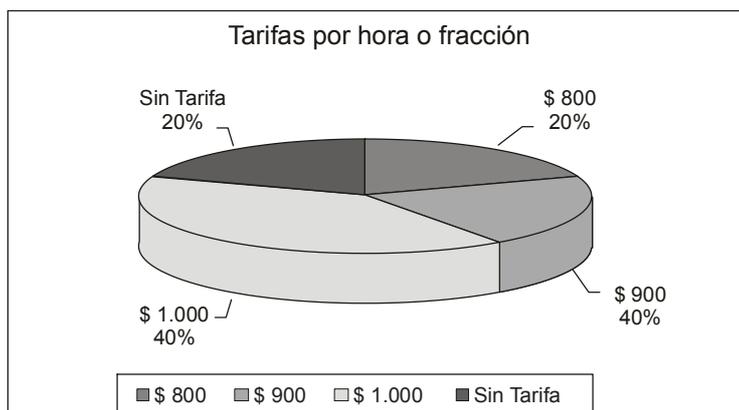


Fig. 6. Tarifas para estacionamiento de automóviles

Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

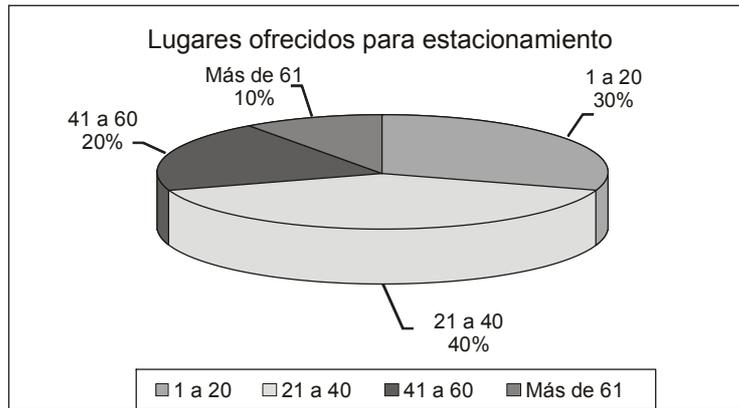


Fig. 7. Número de lugares ofrecidos para estacionamiento
Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

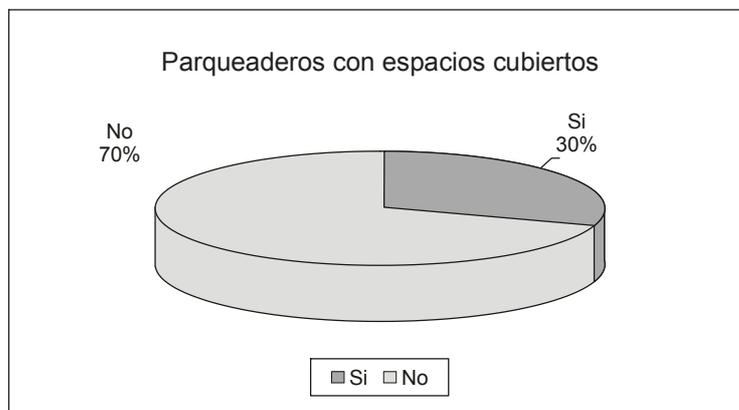


Fig. 8. Distribución de estacionamientos de acuerdo con la cubierta
Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

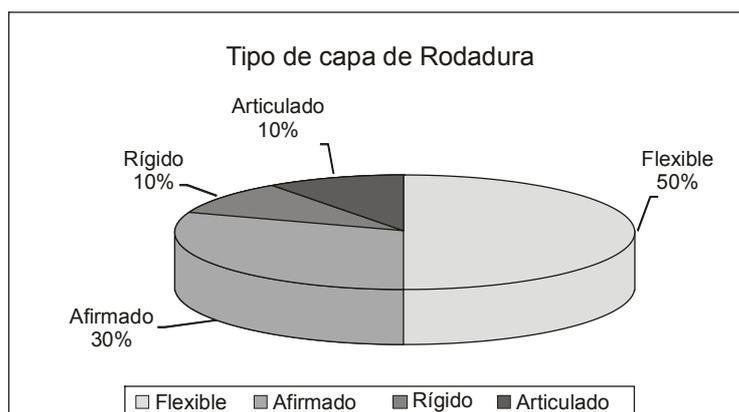


Fig. 9. Distribución de estacionamientos según capa de rodadura
Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

D. Inventario de paraderos

El inventario de paraderos se utiliza para obtener información relacionada con la localización, las condiciones físicas y geométricas, y las restricciones de uso de los paraderos a lo largo de un tramo de vía, una ruta de transporte e incluso una red de transporte público. Este inventario se presenta como un mecanismo para evaluar las condiciones operacionales de la infraestructura de los sistemas de transporte público desde el punto de vista de sus características geométricas, el estado de sus componentes físicos y la suficiencia de sus elementos

(Fig. 10); también se emplean en el diseño de soluciones para el aprovechamiento de los atributos de estos muebles urbanos, considerando las necesidades y expectativas de los ciudadanos.

En la Fig. 11 se puede ver el esquema resultado de la elaboración de un inventario de paraderos realizado sobre la Avenida Maldonado, entre Calles 25 y 30 en la ciudad de Tunja. En el inventario se pudo constatar la existencia de dos paraderos a lo largo del tramo en estudio: Paradero 1: Avenida Maldonado con Calle 25 (Plazoleta Los Muiscas), y Paradero 2: Avenida Maldonado con Calle 30.



Fig. 10. Paradero carrera 9 entre calles 23 y 24 de Tunja



Fig. 11. Esquema general paradero 1. Avenida Maldonado con calle 25

Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

E. Inventario de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros

Su objetivo es la recolección de información referente a infraestructura, rutas de transporte, características y condiciones bajo las cuales las entidades que

prestan el servicio de transporte público desarrollan sus actividades. Este inventario se utiliza para obtener indicadores que permiten evaluar la oferta de transporte público urbano y establecer en forma preliminar el nivel de servicio de una ruta en particular o de toda una red de transporte (Fig. 12).



Fig. 12. Vehículos de transporte público colectivo urbano de pasajeros sobre la avenida norte en la ciudad de Tunja.

Los resultados obtenidos en este tipo de inventarios se pueden incorporar a los bancos de información de las entidades estatales encargadas de la planeación, gestión y administración del tránsito y transporte en las ciudades; a los archivos o registros de las empresas interesadas en mejorar la calidad del servicio de

transporte, y como información primaria para realizar estudios posteriores. La Fig. 13 muestra la composición por tipo de vehículo resultado de un inventario de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros realizado sobre la avenida central del norte frente al centro comercial Centro Norte en la ciudad de Tunja.

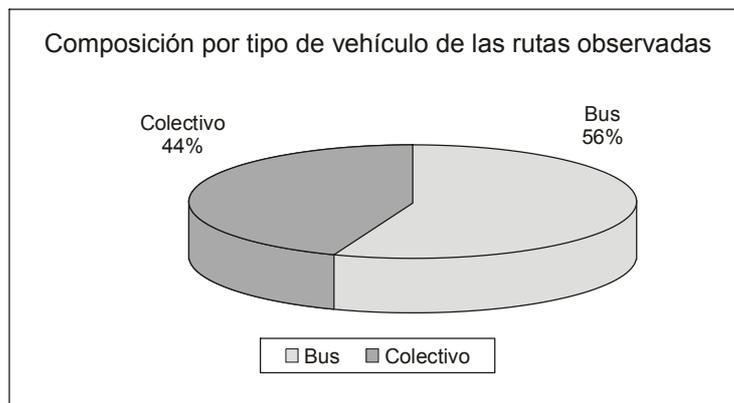


Fig. 13. Composición por tipo de vehículo para las rutas observadas

Fuente: el autor (adaptado de *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1])

III. CATEGORIZACIÓN DE LA RED VIAL

La categorización de la red vial se emplea para evaluar la accesibilidad y el grado de movilidad que proporciona una vía o intersección; se realiza a partir de las características generales de estas, como el número de carriles, el ancho de la sección transversal (carriles, bermas, andenes, separador, etc.), la geometría de la sección (ancho y altura de calzada, carriles, bermas, andenes, separador, etc.) y el tipo de pavimento (Fig. 14).

Para realizar la categorización en forma adecuada es

necesario descomponer y discriminar la red vial en tres grupos, de acuerdo con las clasificaciones establecidas en la normatividad vigente, desarrollada por las autoridades gubernamentales encargadas de la administración de la red vial en cada región o país, así: 1) Carreteras (por competencia, según sus características, según su funcionalidad) [4]; 2) Vías urbanas (arterias, colectoras y locales) [2], y 3) Intersecciones (a nivel, a distinto nivel, semaforizadas, pasos peatonales y glorietas) [1]. A continuación se presentan los resultados de un estudio de categorización de la red vial, correspondiente a la avenida Oriental de la ciudad de Tunja (Tablas 2 a 4, Fig. 15).



Fig. 14. Sección transversal avenida Oriental ciudad de Tunja

Tabla 2

Clasificación de las vías de la zona en estudio

Tramo No.	Localización	Clasificación carretera o tramo de vía			
		Por competencia	Por sus características	Según su funcionalidad	Vías urbanas
1	Av. Oriental	Municipal	Multicarril	Principal	Colectora

Tabla 3

Geometría de las vías de la zona en estudio

Tramo No.	Ancho calzada (m)	Ancho Carril (m)	N.º carriles	Andenes		Bermas		
				Ancho (m)	Altura (m)	Der.	Izq.	Ancho (m)
1	7.60	3.80	4	1.00 (I), 1.00 (D)	0.20	No	No	-

D: Derecha, I: Izquierda

Tabla 4
Geometría obras complementarias de las vías de la zona en estudio

Tramo No.	Separador			Cunetas		
	SI/NO	Ancho (m)	Altura (m)	SI/NO	Profundidad (m)	Ancho (m)
1	Si	4.40	0.20	Si	0.10	1.00 (I), 1.00 (D)

D: Derecha, I: Izquierda

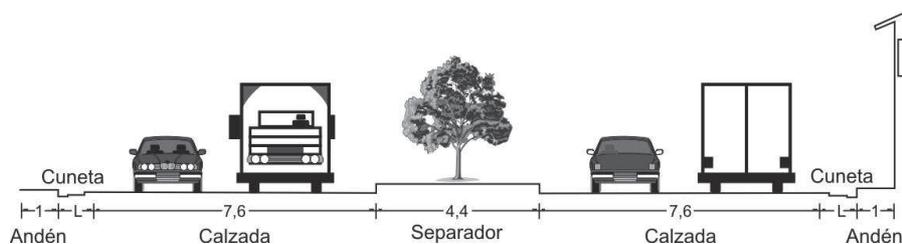


Fig. 15. Sección transversal avenida Oriental ciudad de Tunja

Fuente: *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte* [1]

IV. CONCLUSIONES

La elaboración de los inventarios de infraestructura vial y de señalización y dispositivos para el control tiene grandes aplicaciones desde el punto de vista del diagnóstico de las características físicas y geométricas y del estado y suficiencia de los componentes de una carretera, una vía urbana, una intersección u otro elemento de infraestructura; estos inventarios son determinantes para establecer y evaluar el nivel de servicio en calles y carreteras, aspecto fundamental en las etapas preliminares, en el diseño y la planeación de cualquier proyecto de infraestructura vial. Los inventarios de estacionamientos y de paraderos son utilizados para conocer las características de la oferta de estos a lo largo de un tramo de vía, en el interior de una red vial e, incluso, en un sistema completo de transporte; permiten establecer la mejor manera de aprovechar el espacio disponible para albergar un conjunto de vehículos con características particulares dentro y fuera de la vía, y también pueden arrojar buenos resultados cuando se requiere conocer las necesidades de los usuarios, y formular alternativas para el replanteo y diseño de nuevos sitios para el estacionamiento y ascenso y descenso de pasajeros, en forma coherente con las condiciones del tránsito existente. El inventario de rutas de transporte público

colectivo urbano de pasajeros es una técnica que ofrece una amplia gama de aplicaciones; desde la observación de una ruta de transporte en particular, evaluando atributos como la seguridad, la comodidad y el nivel de servicio desde la perspectiva del usuario, hasta el estudio de toda una red de transporte a partir de la evaluación preliminar de la oferta de transporte y las características y condiciones que definen la operabilidad, funcionalidad y eficiencia de un sistema de transporte público urbano.

La categorización de la red vial tiene su principal aplicación en la evaluación de la accesibilidad y del grado de movilidad que proporciona una carretera, una vía urbana o una intersección, a partir del estudio de las características físicas y geométricas de los elementos que las componen; este tipo de estudio puede también tener gran aplicabilidad en el seguimiento y análisis de la evolución de dichos elementos dentro de una red vial, y en la formulación y diseño de alternativas orientadas a solucionar los múltiples problemas que aquejan a las urbes en el área del tránsito y transporte.

Los datos recopilados en la elaboración de los inventarios viales y en la categorización de la red vial pueden convertirse en una fuente de información básica para realizar cualquier tipo de estudio de

ingeniería de tránsito y transporte, y son fundamentales en las etapas preliminares a la planeación e implementación de proyectos de infraestructura vial y de transporte. Elaborar inventarios viales y categorizar la red vial es una herramienta práctica a la hora de realizar cualquier diagnóstico de las condiciones existentes en un sitio, y en la evaluación de los sistemas de transporte y sus componentes.

V. RECOMENDACIONES

Siempre que se piense realizar estudios de ingeniería de tránsito y transporte acompañados de la elaboración de inventarios viales y de estudios de categorización preliminares debe evaluarse no solo la bondad de la información encontrada desde el punto de vista geográfico y cronológico, sino también su aplicabilidad y correspondencia con el tipo de estudio que se pretende efectuar.

La elaboración de inventarios viales, de estudios de categorización así como de cualquier tipo de estudio de ingeniería de tránsito y transporte debe ajustarse a las metodologías y procedimientos desarrollados y a la normatividad vigente, establecidos para cada región o país; esto con el fin de obtener resultados coherentes con las condiciones de cada sitio y con las necesidades de cada proyecto.

REFERENCIAS

- [1] M. C. Jiménez Fonseca y J. R. Quintero González. *Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte*. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 2007.
- [2] J. R. Quintero González. *Elementos del tránsito*. Guías de clase, Curso de Fundamentos de Tránsito, primer semestre de 2010, Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 2010.
- [3] República de Colombia, Ministerio de Transporte,

Instituto Nacional de Vías. *Manual de señalización vial: dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Capítulo 1. Aspectos generales. Bogotá. 2004.

- [4] República de Colombia, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Capítulo 1. Aspectos generales. Bogotá, 2008.

BIBLIOGRAFÍA

Arboleda Vélez, Germán. *Ingeniería de Tránsito: consideraciones generales de ingeniería de tránsito*. Maestría en Ingeniería de Tránsito y Transportes. Instituto de Posgrado en Vías e Ingeniería Civil, Universidad del Cauca. Popayán. 234 p, 1986.

Box, Paul C. y Oppenlander, Joseph C. *Manual de estudios de ingeniería de tránsito*. 4.^a Ed. México: Representaciones y servicios de ingeniería. 238 p, 1976.

Cal y Mayor, Rafael y Cárdenas Grisales, James. *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega 7.^a Edición. México. 517 p, 2000.

Cal y Mayor y Asociados. *Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte de Bogotá*. Bogotá. 6 Tomos, 2005.

Fernández Aguilera, Rodrigo y Valenzuela Freraut, Eduardo. *Diagnóstico y diseño de facilidades al transporte público*. Sección de Ingeniería de Transporte. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2002.

Garber, Nicholas J. y Hoel, Lester A. *Ingeniería de tránsito y de carreteras*. 4.^a Ed. México. 1170 p.

Higuera Sandoval, Carlos Hernando. *Metodología para realizar la inspección visual de pavimentos*. Curso de construcción y conservación de pavimentos: guías de clase. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, 2006.

México, Secretaría de Desarrollo Social. *Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas: manual normativo*. 14 tomos.

Mcshane, William R. y Roess, Roger P. *Traffic Engineering*. 4.^a Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey. 660 p, 1990.

Quintero González, Julián Rodrigo. *Elementos del Tránsito*. Guías de clase curso Fundamentos de Tránsito. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 64 p, 2010.

Quintero González, Julián Rodrigo. *Fundamentos de Ingeniería de Tránsito*. Tomo I. Guías de clase curso Operación del Tránsito. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad

Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 139 p, 2011.

Radelat, Guido. *Principios de ingeniería de tránsito*. Estados Unidos: Instituto de Ingenieros de Transporte. 300 p, 2003.

República de Colombia, Ministerio de Transporte, Secretaría de Tránsito. *Código nacional de tránsito terrestre*. Ley 769 del 13 de agosto de 2002. Bogotá. 205 p, 2002.

República de Colombia, Instituto Nacional de Vías. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Bogotá, 2008.

República de Colombia. *Manual de señalización vial: dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia*. Bogotá. 625 p, 2004.