

# Metodología para la Creación de Sistemas de Información Geográfica en Transporte para la Planificación y la Gestión urbana.

Rosa Virginia Ocaña Ortiz\*, Josefina Mundó\*\*, Jorge Lusitano\*\*\*

## Resumen

Hasta hace pocos años, el manejo de grandes volúmenes de datos que precisaran referenciación espacial implicaba grandes dificultades. Con la evolución de la informática, los computadores se han constituido en herramientas indispensables para el planificador y han sido un factor clave en la transformación de los métodos tradicionales de procesamiento de datos.

Desde los años 60 se han venido desarrollando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en los países desarrollados, como base para el análisis de datos y la modelización, y apoyo a la toma de decisiones.

---

\*Rosa Virginia Ocaña Ortiz: Economista, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, 1984. Dirección institucional: Universidad Simón Bolívar, Departamento de Planificación Urbana, Edif. Mecánica y Estudios Urbanos, 2do. Piso, Ofc. 205. Valle de Sartenejas, Caracas, Venezuela. Telefax: (0212) 906.40.94 / (0212) 906.40.36 / (0212) 987.30.39. E-mail: rocana@usb.ve.

\*\*Josefina Mundó Tejada: Urbanista, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 1979. Magíster en Transporte Urbano, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 1983. Dirección institucional: Universidad Simón Bolívar, departamento de Planificación Urbana, Edif. Mecánica y Estudios Urbanos, 1er. piso. Valle de Sartenejas, Caracas, Venezuela. Dirección de habitación: Calle San Joaquín, Qta. Milagro, Urb. La Trinidad, Caracas 1080, Venezuela. Telefax: (0212) 906.40.92 / (0212) 906.40.36 / (0212) 945.21.78. E-mail: jmund@usb.ve / joseve@cantv.net

\*\*\*Jorge Lusitano: Arquitecto, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 1982. Magíster en Transporte Urbano, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 1996. Dirección institucional: Universidad Simón Bolívar, Departamento de Planificación Urbana, Edif. Mecánica y Estudios Urbanos, 2do. Piso, Ofc. 205. Valle de Sartenejas, Caracas, Venezuela. Telefax: (0212) 906.40.93 / (0212) 906.40.36. E-mail: lusitano@usb.ve

En este documento se presenta una síntesis de parte de la metodología desarrollada para crear un SIG en transporte para actividades de planificación y gestión del transporte urbano; investigación realizada en el seno del Departamento de Planificación Urbana de la Universidad Simón Bolívar.

Asimismo, se resume la experiencia y algunos de los aprendizajes obtenidos, con el fin de mostrar las bondades que brindan los SIG-T en cuanto a organización de información indispensable para la toma de decisiones, la gestión y la planificación del transporte y tránsito urbano.

**Términos claves:** sistemas de información geográfica; transporte urbano; tránsito urbano; planificación del transporte; gestión del transporte.

### ***Creating Geographic Data Systems Methodology in Transportation for Urban Planning and Management***

#### **Abstract**

A few years ago, it was difficult to handle data which required spatial reference. Nowadays, computers have become an indispensable tool to the planner as well as key factor for transforming data processing.

Since 1960, Geographic Information Systems (GIS) have been developed with several different purposes: data analysis, model systems and support decision making.

This article is a summary of the methodology employed to design a transportation GIS for planning and managing urban transport. The research was conducted at the Urban Planning Department of the University Simón Bolívar.

The research learnings show the GIS advantages in organizing the information for decision making in planning and managing urban transport.

**Key words:** geographic information systems; urban transport; urban traffic; urban planning; transportation management

#### **Introducción**

Durante el período 1998-2001, en el seno del Departamento de Planificación Urbana de la Universidad Simón Bolívar y con financiamiento del CONICIT, se llevó a cabo una investigación en la cual se trabajó en el diseño y montaje de un sistema de información geográfica en transporte (SIG-T) para el corredor Chacaito-Las Mercedes-La Trinidad, del Municipio Baruta de Caracas.

Este trabajo fue desarrollado por un equipo multidisciplinario de profesores, con apoyo de estudiantes del postgrado en Transporte Urbano y de la Carrera de Urbanismo de la citada universidad.

En este documento se presenta una síntesis de parte de la meto-

dología desarrollada en la investigación, específicamente sobre la metodología para crear y utilizar el sistema de información geográfica en transporte para actividades de planificación y gestión del transporte urbano. Asimismo, en las páginas siguientes se esboza en forma resumida la experiencia y algunos de los aprendizajes obtenidos, con el fin de mostrar las bondades que brindan los SIG-T en cuanto a organización de información indispensable para la toma de decisiones, la gestión y la planificación del transporte y tránsito urbano.

### **Qué es un Sistema de información Geográfica y como se crea**

Existen diversas definiciones de lo que son los sistemas de información geográfica. Para el National Center for Geographic Information and Analyse (NCGIA), es un "sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la solución de problemas complejos de planificación y gestión". Gutiérrez y Gould (1994) lo definen como procesos informáticos que permiten producir, a partir de datos no tratados, información útil en la toma de decisiones.

Los Sistemas de Información Geográfica son tecnologías de origen reciente. Actualmente y desde finales de los años ochenta, los productos basados en esta tecnología han inundado el mercado. El desarrollo y abaratamiento del hardware, conjuntamente con la evolución de los sistemas operativos, los programas CAD y los manejadores de bases de datos, han repercutido decisivamente en el desarrollo de nuevas funciones para los usuarios SIG y en la simplificación de procedimientos para su manejo (amigabilidad).

Este importante desarrollo en un corto período de tiempo es el resultado de la confluencia de múltiples factores. Destacando los numerosos grupos de trabajo, que ligados a institutos de investigación, han generado aplicaciones SIG para diversos fines entre los que no escapa la planificación urbana y la planificación del transporte.

La primera tarea para crear un SIG es responder a la pregunta de para que se quiere y cual será su utilización. De acuerdo a estas necesidades, el paso siguiente es crear la estructura de la base de datos que se requiere.

En los próximos párrafos se presenta la metodología seguida para la obtención de esta estructura.

## **Metodología para la creación de una Base de Datos Mínima**

La definición de una base de datos mínima partió de la definición previa de una base de datos “deseable”, que incluyese información cuya riqueza y detalle dieran al técnico la posibilidad real de emprender cualquier tarea o estudio que el cumplimiento de sus responsabilidades pudiera demandarle y que el estado del arte en materia de modelos, técnicas y herramientas pudiese permitirle.

Para la definición de la base de datos deseable se identificaron las competencias que el marco legal venezolano asigna a los Gobiernos Locales y las necesidades de información implícitas en la ejecución de las actividades derivadas de tales competencias. La Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (1987) y la Ley Orgánica de Régimen Municipal (1978, 1989) – vigentes para la fecha de inicio de la investigación-constituyeron el punto de partida para esta identificación. En este sentido, cabe acotar que aún cuando las atribuciones de los Municipios en transporte urbano están en discusión, la conformación de la base de datos resultante de este procedimiento sigue siendo pertinente ya que, en todo caso, la naturaleza de la actividad de planificación o gestión del transporte a realizarse no experimentaría cambios.

Una vez conocidas las competencias municipales se extrajeron y estudiaron en detalle tanto las relacionadas con el transporte urbano como aquellas vinculadas con el desarrollo urbano, dado el estrecho e indisoluble vínculo entre ambos aspectos. Este último conjunto de competencias se agrupó en tres categorías, clasificación un tanto arbitraria por lo difícil, en algunos casos, de establecer límites entre actividades, pero útil a los efectos del objetivo perseguido: “planificación del transporte” en la que se incluyeron las de desarrollo urbano por representar el insumo inicial de cualquier proceso de planificación del transporte urbano; “tránsito” y “transporte público y terminales”.

Así, utilizando las categorías definidas, el análisis del marco legal venezolano conlleva a señalar como las principales obligaciones del Municipio en materia de transporte urbano las siguientes:

**Tabla 1: Competencias municipales en materia de transporte**

Objetivo	Competencia
Planificación del Transporte	Trazado y características de la red vial Definición del sistema de transporte urbano (definición conceptual de la red). Definición del desarrollo urbano (población, base económica, extensión del área urbana y control del medio ambiente). Definición de usos del suelo y sus intensidades. Localización para edificaciones y servicios públicos o colectivos. Identificación de áreas de desarrollo urbano no controlado, características a corregir para incorporarlas a es estructura urbana. Protección del ambiente y definición de parámetros de calidad ambiental.
Tránsito	Ordenación del tránsito de vehículos y personas en vías urbanas. Pavimentación de vías públicas urbanas (mantenimiento vial).
Transporte Público y Terminales	Organización de las rutas del sistema de transporte urbano.

Para cada competencia de cada una de las tres categorías se determinaron las principales tareas o actividades asociadas y la información requerida para su ejecución en términos de variables y atributos (características de las variables), quedando así definida, lo que llamamos la base de datos “deseable”.

Para definir la base de datos mínima se analizaron individualmente las variables y atributos de éstas que conforman la base de datos deseable, según su relevancia a los fines de realizar las diversas actividades. Para ello, a cada atributo se le asignó una prioridad del 1 al 3, siendo 1 el indicador de mayor prioridad. De esta manera, un atributo con prioridad 1 representa una información básica o imprescindible para realizar las tareas relacionadas con la planificación del transporte y la planificación o gestión del tránsito y del transporte público, incluidas en cualquiera de las categorías de análisis. De forma inversa, un atributo con prioridad 3 representa una información prescindible, pero cuya disponibilidad enriquecería. La categorización de la información en térmi-

nos de prioridades puede interpretarse como la secuencia lógica con la que las Autoridades Locales deberían conformar un sistema de información geográfica de transporte urbano. El proceso se iniciaría recopilando información sobre los atributos con prioridad 1 y luego, simultáneamente de la actualización constante de éstos, se alimentaría y enriquecería el sistema con la incorporación progresiva de la información con prioridad 2 y 3, lo que les permitiría a los entes locales asumir tareas más complejas.

La fuente de la información, entendida como un indicador de los costos asociados a disponer de los datos, también se consideró para definir la base de datos mínima. Se identificó, el tipo de la(s) fuente(s) de información de cada variable o atributo: primaria (levantada en campo), secundaria (información documental) o derivada (estimada a través de información disponible sobre otras variables). En principio, la información de campo es la más rica y precisa, pero la más costosa de recabar, por lo cual existen limitaciones en su uso. La información documental, al igual que aquella que puede derivarse de la relación entre dos o más atributos disponibles debería ser siempre incorporada al sistema de información geográfica.

Así, con base a los dos criterios señalados, prioridad de la información para el análisis y fuente de información de la misma, se identificó la base de datos mínima que se muestra en la Tabla 1.

Finalmente, debe señalarse que la base de datos deseable, y por consiguiente la base de datos mínima, fueron concebidas de manera integral, por tanto no pueden interpretarse como la sumatoria de una base de datos de planificación del transporte, de una base de datos de tránsito y de una base de datos de transporte público y terminales. Por el contrario, hay atributos vinculados a una categoría que son a la vez insumo de las actividades o tareas de otra(s). Un ejemplo claro de este tipo de atributo es la población de una zona, la cual permite - bien sea utilizándola directamente como dato, o empleándola como insumo de consultas al sistema de información geográfica - estimar la demanda en estudios y análisis de planificación del transporte, de tránsito y de transporte público.

En este orden de ideas, el lector que requiera diseñar un sistema de información geográfica para una sola de las tres categorías de trabajo consideradas en esta investigación, deberá conformar éste con las variables y atributos asociados a su categoría de interés, incluyendo,

además, aquellas variables y atributos de las restantes categorías que su conocimiento y experticia en el tema le indiquen como necesaria.

## **Metodología para el sistema de información geográfica.**

La metodología empleada para crear el Sistema de Información Geográfica en Transporte (SIG-T) que se presenta en la investigación se desarrolló en cuatro fases.

La fase 1, denominada Definición del objetivo o Misión del Sistema, constituye el germen inicial de cualquier proyecto SIG. En ella se definieron las respuestas que esperamos que aportara el SIG, en materia de gestión y planificación del transporte urbano. Luego, se pasó a la definición de los objetivos secundarios, para lo cual se descompuso el sistema de transporte en dos grandes elementos: Demanda y Oferta.

Sobre la demanda de viajes se exploraría el potencial de esta herramienta para el almacenamiento, gestión, análisis y despliegue de información asociada a la población, los viajes y sus propósitos; y los modos empleados para realizar dichos desplazamientos. Este componente se almacenó en zonas con características homogéneas, llamadas Zonas de Transporte.

En cuanto a la oferta de transporte, igualmente se exploraría el potencial de esta herramienta para el almacenamiento, gestión, análisis y despliegue de la información asociada a las dos grandes elementos que la componen: la infraestructura vial y el sistema de transporte público.

La segunda fase, denominada definición de las herramientas de análisis, corresponde a la selección del software y el hardware a emplear para el montaje del sistema.

A diferencia de instituciones en las cuales tradicionalmente se trabaja con alguna herramienta SIG (para las cuales esta variable se considera dada), en este caso resultó absolutamente relevante explorar y evaluar entre diversas alternativas de software, buscando encontrar la herramienta, disponible hasta el momento, más idónea para trabajar en un SIG – Transporte.

Para la selección del software de Sistema de Información Geográfica a utilizar en este proyecto de investigación se emplearon diez as-

pectos a evaluar, con sus respectivos criterios y ponderaciones asociadas (Ocaña et al 2001:2.25).

Sobre la base del análisis efectuado se optó por seleccionar los software TRANSCAD y GIS+ de la casa CALIPER.

Entre las potencialidades encontradas al realizarse el proceso de selección del software se debe mencionar que TransCAD, Transportation GIS Software, incluye un módulo de modelación de demanda de viajes que contempla las cuatro etapas fundamentales de este proceso (Generación de Viajes, Distribución de Viajes, Selección Modal y Asignación de Viajes), el cual brinda importantes ventajas por encima de los programas restantes en materia de transporte.

En síntesis, TransCAD ofrece gran flexibilidad al usuario debido a la importante variedad de modelos incluidos en la estructura del programa, lo que permite trabajar bajo diversas condiciones en cuanto a datos, fuentes de información, etc. Asimismo, TransCAD ofrece la opción de utilizar modelos preexistentes elaborados para otros contextos o calibrar un modelo según las características del área de estudio.

En términos de hardware, se consideraron esencialmente dos aspectos principales, la plataforma operativa (sistema operativo) y el nivel de prestaciones (velocidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento) a fin de garantizar la mayor vida útil de la inversión. Como resultado se optó por adquirir computadores Pentium II con sistema operativo Windows 98 (la mas adecuada a los fines de nuestros requerimientos y la disponibilidad en el mercado para ese momento-1998-).

La fase 3, llamada Diseño preliminar del Sistema de Información Geográfica, es señalada por muchos autores como la base para el éxito de cualquier Sistema de Información Geográfica. En esta fase del proceso se abordaron los siguientes aspectos:

Revisión de la misión del sistema: Se desarrollaron y fijaron todas las preguntas a las cuales debería responder el sistema. Partiendo del objetivo principal y los objetivos secundarios definidos y esbozados en la primera parte.

En el caso del transporte, los SIG pueden utilizarse como herramientas para llevar a cabo actividades como el montaje del inventario



vial de una zona, el catastro de rutas de transporte público de un sector, los estudios de circulación, simulación y modelaje de áreas específicas, entre otros.

Los SIG en sí mismos son un modelo para representar la realidad. Para ello poseen dos grandes familias de componentes: una espacial, en el cual esencialmente se manejan la forma, el tamaño y la posición, y otra atributiva, de orden tabular, en el cual se caracterizan unívocamente cada una de las entidades espaciales que conforman el modelo.

Definición del marco espacial, contexto y escalas de trabajo: Siendo un SIG una herramienta de espacialización de información, resultó relevante acotar el área de estudio y su escala de representación. Esta última, a su vez, condicionó el nivel de desagregación de los datos a obtener e introducir al sistema.

Se definió como área de estudio el eje, Chacaito–Las Mercedes–La Trinidad del Municipio Baruta. La escala del municipio Baruta y la complejidad de su sistema de transporte permitirían alcanzar los objetivos planteados en el plazo establecido. Por otra parte, las autoridades municipales pusieron a disposición del grupo de investigación la cartografía digital semiestructurada del área de estudio (escala 1:1000), insumo fundamental para el desarrollo de la investigación

En materia de escalas de trabajo debió considerarse la adecuación de la información para trabajar con salidas a dos niveles, 1:5.000 para nodos particulares a estudiar como Las Mercedes y La Trinidad, y 1:10.000 para el tratamiento de conjunto.

Selección de variables relevantes: De acuerdo a la misión planteada para el SIG se definieron las variables relevantes que integrarían el sistema, considerándose así una primera aproximación al concepto de Base de Datos Mínima. Para este caso, las variables relevantes seleccionadas fueron Demanda de viajes, Infraestructura vial y Transporte público.

Definición de los tipos de entidades que representarán las variables: De acuerdo a las directrices teóricas del diseño de un SIG, se definieron las entidades espaciales que se utilizan para representar cada variable relevante, ya que existen tres tipos de entidades espaciales que pueden emplearse para describir los objetos: puntos (nodos), líneas (arcos) y polígonos (áreas).

Los puntos, representan elementos cuyas dimensiones no son relevantes y significativas en la escala de representación del modelo, y para los cuales su principal característica es su posición en el espacio. En el caso específico del transporte, se emplean como nodos de una red, intersecciones o paradas de transporte público. Las líneas, se emplean para representar elementos que poseen una dimensión predominante y sus principales características son la longitud y el sentido. Se utilizan en transporte para representar enlaces en una red, tramos de vías o rutas de transporte público. Los polígonos se emplean para definir esencialmente áreas homogéneas, en función de la variable que se represente.

Cada una de estas entidades poseen relaciones espaciales como contigüidad, adyacencia y continuidad, que se almacenan en el sistema y conforman lo que se denomina Topología, condición gracias a la cual los SIG pueden realizar operaciones de análisis, tales como operaciones booleanas entre polígonos y determinación de rutas mínimas en redes (líneas).

En el presente estudio, se optó por representar cada variable de la forma siguiente:

**Demanda de viajes:** polígonos para representar las zonas de transporte.

Infraestructura vial: líneas para representar los enlaces de la red vial, y puntos para las intersecciones y lugares donde se presentan cambios de sección importante en un tramo de la red.

**Transporte Público:** líneas para representar los tramos de cada ruta de transporte y puntos para representar paradas y terminales.

Definición de los atributos que caracterizan cada entidad: Se diseñó la estructura de datos del sistema definiendo los campos (atributos ó variables independientes) y sus formatos, para caracterizar cada una de las entidades (variables) que constituyen el sistema, desarrollándose en mayor detalle el concepto de Base de Datos Mínima.

Cada variable se representó espacialmente y cada entidad espacial constituyó un "registro" (fila), de acuerdo al concepto de Base de Datos Relacional.

Una vez realizado el Diseño Preliminar, en la fase 4, denominada recopilación de datos para el sistema, se identificaron las fuentes de información secundaria (especialmente cartográficas), se elaboraron las planillas de recolección de datos en campo (datos atributivos), y se rea-

lizó la programación del levantamiento y la selección de la muestra a levantar.

Con esta información, se procedió al levantamiento de las rutas, iniciándose por la realización de los recorridos, de manera de confirmar los itinerarios de las rutas, conocer los principales puntos de paradas y los terminales de llegada y salida. Seguidamente, se realizaron conteos de frecuencia en los terminales identificados, de manera de corroborar la flota de vehículos asociada a cada ruta. Seguidamente, se procedió al levantamiento de sube y baja en las unidades.

En materia de tránsito, se levantaron todas las intersecciones semaforizadas del área de estudio, mediante planillas que permitían conocer tanto las características técnicas de los equipos como sus rutinas de funcionamiento.

En terminales de transporte público urbano, se realizaron levantamientos de uso y funcionamiento de aquellos ubicados en Chacaito, Baruta, La Trinidad y Las Minas. La información levantada se dibujó en Autocad.

Paralelamente, se obtuvo la base cartográfica digital (1:1000), proporcionada por el Municipio Baruta.

En esta fase se obtuvieron datos semi-estructurados, los cuales debieron pasar por un proceso de verificación (consistencia) y transcripción en formato digital, algunos directamente al sistema, otros mediante formatos de intercambio, y otros (transporte público) ameritaron un gran trabajo de adaptación para alimentar el sistema.

La fase 5, Carga del sistema, se debió acometer en dos etapas: 1) Pre-procesamiento y carga de la información, 2) Ensamblaje e integración del sistema. Para cada una de esas etapas, se trabajó en los dos componentes, el espacial y el atributivo.

En cuanto al componente espacial del sistema, se editaron y corrigieron los archivos cartográficos (empleando programas CAD), a fin de adaptarlos a los requerimientos temáticos y topológicos del sistema de información. Cada capa temática debió ser redibujada y almacenada en su respectivo layer, entre los cuales se destacan: capa de zonas de transporte, capa de tramos de red, capa de intersecciones, capa de tramos y paradas de rutas.

Una vez finalizada la adecuación de estos datos, se procedió a la carga (en formato DXF) y georreferenciación, quedando preparados para la incorporación de la parte atributiva. Esta área del sistema, pasó por la definición de la estructura de datos a emplear, la creación de los diversos campos y sus respectivos formatos, los cuales caracterizarían a cada entidad espacial (registros). En algunos casos, se transcribieron directamente en la base de datos del sistema, en otros, se procesaron a través de Excel y se incorporaron (en formato DBF) al sistema mediante operaciones de JOIN.

La fase 6, Salidas y Análisis de Resultados, constituyó la fase en la cual se obtuvieron los productos del sistema, se establecieron los diversos análisis orientados a la gestión de la información y sus diversas variantes de salidas, esencialmente enmarcadas en dos grandes familias: Espaciales (mapas temáticos) y tabulares.

Descrita la metodología, se presentaron y analizaron los resultados obtenidos a través de la investigación, a saber, una Estructura de la Base de Datos Mínima, y un Sistema de Información Geográfica en Transporte del Municipio Baruta.

Previo al desarrollo de los resultados, cabe formular la acotación que debido al potencial de los sistemas de información geográfica para estudiar de manera conjunta diversas variables, los análisis que podrían realizarse a través del SIG diseñado para el Municipio Baruta, resultan prácticamente imposible de cuantificar o enumerar de manera taxativa, ya que ellos dependerían de las preguntas a las cuales el técnico desee dar respuesta. Por esta razón, los resultados y análisis presentados (especialmente en las secciones SIG-T Baruta y Transporte Público) constituyen una muestra representativa que intenta demostrar el potencial de la herramienta para los fines de planificación y gestión del transporte urbano.

## **Aprendizajes y Conclusiones**

Durante el desarrollo de la investigación se presentó un número importante de dificultades. Algunas de estas dificultades obedecieron a la cantidad y la calidad de la información que necesita el software utilizado (al igual que cualquier software de este tipo); y otras, al funcionamiento "informal" del servicio de transporte de la zona en estudio y la

escasa información existente en los organismos de gestión del sistema. Como consecuencia de estos inconvenientes, y a pesar de las experticias de los miembros del equipo de trabajo en materia de planificación y gestión del sistema de transporte urbano, la creación de un sistema de información geográfica en transporte rebasó largamente las estimaciones de trabajo realizadas inicialmente. En los próximos párrafos se describen y ejemplifican estas dificultades.

**De las condiciones de funcionamiento del sistema de transporte:**

La descripción de las dificultades se inicia con las inherentes al funcionamiento del sistema de transporte por considerar que, a lo largo de los tres años del desarrollo del proyecto, éstas son las que han tenido mayores repercusiones en su desenvolvimiento.

Como es bien conocido, los software de SIG han sido producidos en países desarrollados, los cuales, desde hace décadas, tienen una fuerte cultura sobre el manejo de información y las estadísticas, gracias a la cual levantan, procesan y mantienen actualizado gran volumen de data, sobre innumerables tópicos, a diferentes niveles de detalle.

Asímismo, en los países desarrollados los sistemas de transporte urbano responden a una planificación general y a una programación específica de cada uno de sus componentes, ejerciendo cada uno de los actores del sistema sus roles originales (los operadores operan de acuerdo a pautas establecidas por las autoridades, las autoridades planifican y controlan el servicio y los usuarios utilizan el servicio).

En el caso de estudio, escasamente se encontró en la Alcaldía del Municipio Baruta un listado con las organizaciones que prestan servicio y las rutas que sirven. El trabajo de “tejer” informaciones relativas a los trazados reales de los itinerarios, los horarios reales de servicio, la flota de vehículos asociada a cada ruta y las paradas realizadas por los vehículos, llevó un gran número de horas hombre.

Estas circunstancias y la necesidad de finalizar la fase de levantamiento de la información para concluir con el procesamiento de los datos, llevaron a tomar decisiones sobre las características de las rutas de transporte inventariadas que serían asumidas para proseguir el análisis.

Otra dificultad fue el medir las cantidades de usuarios que suben y bajan de una unidad en servicio, lo que implicó un trabajo suma-

mente minucioso, que conllevó el uso de recursos significativos en términos de tiempo, encuestadores y costo, y exigió el levantamiento directo de los datos por parte del proyecto de investigación. En otros sistemas de transporte público, en los que los vehículos están dotados de torniquetes o máquinas que validan los boletos, esta tarea requiere simplemente de un trabajo de extracción de registros en cada uno de los vehículos que prestan servicio en la ruta. En el caso del sistema en estudio, solo se trabajó con una muestra de los vehículos, mientras que en el segundo caso se trabajaría con el universo, con todas las implicaciones que esto tiene en términos de calidad y confiabilidad de la información.

En materia de tránsito, las dificultades para la obtención de información es similar a la ya descrita. En los países desarrollados, para conocer la cantidad y tipo de vehículos que circulan por una vía importante con intersecciones semaforizadas, no se debe realizar necesariamente trabajo de campo. Existen centros computarizados de control de semáforos que permiten observar la circulación mediante cámaras, y contar los vehículos gracias a equipos sensores. De esta manera, para obtener la información, los técnicos, desde las oficinas, realizan procesos de interrogación de los equipos.

En las ciudades venezolanas, para conocer la magnitud y las características del tránsito de vehículos, la realización de conteos clasificados con encuestadores es indispensable. Adicionalmente, dados los elevados costos de personal, por lo regular, los conteos de tránsito se realizan para períodos de tiempo cortos, lo cual limita la variedad y la confiabilidad de los análisis que podrían efectuarse.

En general, es de interés destacar que cada una de las actividades de levantamiento y procesamiento de la información amerita un volumen importante de personal y necesita para su ejecución de períodos de tiempo prolongados.

De esta manera, se concluye que una diferencia fundamental en el uso de la herramienta SIG en los países desarrollados y los países en vías de desarrollo, corresponde a los recursos (personal, tiempo y dinero) adicionales necesarios para el trabajo de levantamiento y procesamiento de la información.

**De los requerimientos de información de la herramienta:** Si bien es cierto que el gran aporte de los sistemas de información geográfica es la visualización de información referenciada espacialmente, también lo es que para obtener salidas coherentes es indispensable disponer de data en un formato o nivel de detalle determinado. Esta situación exige, en la mayoría de los casos, el tratamiento de la información, requiriéndose largos procesos para adaptar o transformar los datos a los que tiene acceso el técnico (a través de fuentes primarias o secundarias) a un formato que el software pueda procesar.

En cuanto a la data atributiva, debe enfatizarse que para conseguir información sobre el sistema de transporte urbano de cualquier área urbana de Venezuela, es indispensable realizar trabajo de levantamiento directo en campo, por no existir en ningún organismo estadísticas sistemáticas y actualizadas sobre el transporte público, el tránsito o la vialidad.

Actualmente, aunque los municipios de las principales ciudades del país han asumido su rol de autoridad local en diversas áreas, no poseen la capacidad financiera suficiente para ejercerla contundentemente en algunas materias, entre las que se incluye el transporte urbano. Este "asumir" pasaría por el manejo de la información necesaria (estadísticas) para realizar actividades propias de la planificación, gestión y control del transporte urbano.

Esta situación es patética en el caso de Caracas, a pesar de ser la capital de Venezuela. En materia de transporte urbano, mas allá de la información sobre la operación del servicio de metro y metrobús, y de los ejercicios de planificación que realiza la Compañía Anónima Metro de Caracas, no existen datos actualizados y sistematizados de transporte público. Uno de los ejemplos que ilustra mejor la situación descrita es el de la encuesta origen y destino de viajes de la ciudad, realizada en 1975, y que aún hoy, 26 años después, con algunas actualizaciones no sistematizadas, sigue siendo la base de datos empleada para el análisis y la toma de decisiones.

A los fines del trabajo realizado, esta dificultad no solo se reflejó en la necesidad de levantar la información en forma directa en campo, sino también en el tratamiento y adaptación de los datos recopilados que fue necesario llevar cabo para adecuar éstos a los requerimientos de la herramienta SIG.

La adaptación de la información constituyó un trabajo sumamente laborioso, que implicó validaciones constantes de los resultados obtenidos en cada etapa del procesamiento de la información. Se trató de recorrer un camino en el que para avanzar, era imprescindible revisar la data y los procesos que condujeron a ella una vez que cada resultado era obtenido, a objeto de medir su coherencia y aplicar los correctivos que el caso ameritase.

En relación a la cartografía, la situación no es muy diferente. Se encontró, en la Alcaldía del Municipio Baruta, información espacial semi-estructurada, correspondiente a restituciones aerofogramétricas digitales realizadas a mediados de los años noventa. Esta fuente de información, valiosa por demás, requirió de una extensa manipulación y edición (utilizando herramientas CAD) para poder estructurar la información bajo las reglas y estándares requeridos por el software SIG y para actualizar los cambios ocurridos en los últimos años. Este proceso resultó mas largo y engorroso de lo originalmente estimado. En países desarrollados, el componente espacial se actualiza continuamente, por parte de los organismos públicos de planificación y gestión de las ciudades y se encuentra disponible en formatos y estructuraciones acordes con los requeridos por diferentes SIG.

**Del software:** Si bien la herramienta utilizada es muy poderosa y amigable, el módulo de salidas (Layout) se presenta como el Talón de Aquiles del software. Comparando las facilidades y potencialidades del software para la creación, manipulación y edición de mapas temáticos, el manejo de salidas resulta rígido y poco desarrollado, especialmente en lo correspondiente al manejo de escalas, selección de espesores de línea y tamaño de letras.

Ante las dificultades de edición señaladas deben efectuarse dos comentarios, primero, las limitaciones mencionadas son de carácter menor en comparación con la potencialidad de análisis del software y, segundo, al no conocer la última versión de TransCAD, se desconoce si estas dificultades son propias de la versión 3.14 (disponible para la realización del proyecto) y/o ya han sido superadas.

**De la subestimación del trabajo a realizar:** Como consecuencia de los inconvenientes expuestos anteriormente, las estimaciones de las actividades y tareas a realizar, así como del trabajo, el personal y el



tiempo necesarios para desarrollarlas, se quedaron cortas. Los productos obtenidos ameritaron esfuerzos mayores a los previstos. En este sentido, se recomienda ampliamente a cualquier organismo de áreas urbanas venezolanas que se plantee desarrollar SIG en Transporte, revisar cuidadosamente las estimaciones de tiempo y recursos, ya que la subestimación de éstos podría redundar en el logro de los objetivos que se formule.

A pesar de las dificultades mencionadas, no cabe duda acerca de la información manejada, las metodologías adaptadas, los procesamientos realizados, la pertinencia del uso de la herramienta SIG y del aporte que representa el sistema de información geográfica en transporte creado para el área de estudio.

Finalmente, el trabajo realizado ha permitido el planteamiento de retos cotidianos en cada uno de los miembros del equipo de trabajo, lo que redundará en consolidación de conocimientos y manejo de experiencias.

Dado el potencial de los SIG para la planificación y gestión del transporte urbano, las instituciones y centros académicos y de investigación, al igual de los entes públicos responsables de esta labor, deberían difundir las bondades de la herramienta y estimular su uso. Si se lograra la unión de los esfuerzos institucionales, a través de convenios de cooperación para el intercambio de información, la creación de un SIG, sería un proceso más sencillo y se tendería a la minimización del consumo de recursos y a la maximización de los beneficios.

## **Bibliografía**

- Aronoff, S. (1989), *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, WDL Publications,
- Bosque Sendra, J. (1994), *Sistemas de Información Geográficos*. Madrid, Ediciones Rialp.
- Bunge, W. (1962), *Theoretical Geographic*. Lund Studies in Geography, Serie C, General and Mathematic Geograhpy.
- Caliper Corporation, (1998). *Transcad-Transportation GIS Software. User's Guide, Versión 3.1 for Windows*. Caliper Corporation, Newton.
- Caliper Corporation (1998). *Transcad-Transportation GIS Software. Travel Demand Modeling whit Transcad 3.1*. Caliper Corporation, Newton.

- Gutiérrez, J. y Gould, M (1994). *Sistemas de Información Geográfica*. Edit. Síntesis, Madrid.
- Ley Orgánica de Ordenación Urbanística.
- Ley Orgánica de Régimen Municipal.
- Ley sobre el Régimen del Distrito Metropolitano de Caracas.
- Lusitano, J., Ocaña, R., Mundó, J. (1999) Sig, planeación y gestión urbana, en CIUDADES, Puebla, México, Nº 42, 61-64.
- Naranjo, N. (1999). Metodología de Identificación para Rutas y Paradas del Sistema de Transporte Público Urbano en el Municipio Baruta, Informe Final de Pasantías, Carrera de Urbanismo, USB, 115 p.
- Ocaña, RV, Mundó, J., Lusitano, J., Salomón, I. (2001), Informe Final del Proyecto CONICIT S1-97001258, "El sistema de información geográfica como insumo de la gestión y la planificación en el transporte urbano. Caso corredores de transporte del Area Metropolitana de Caracas",
- Ocaña, Rosa V.; Mundó, Josefina (2000). Municipio y Distrito Metropolitano: ¿quién hace qué y qué es lo que hay que hacer en materia de transporte?, IV Seminario Nacional sobre Gestión Local de Transporte Urbano "Nuevos Escenarios y Actores en lo Local y lo Metropolitano", Fontur, Maracay.
- Rodríguez da Silva, A.N. Ferramentas Específicas de um Sistema de Informações Geográficas para Transportes, EESC-USP, Saõ Carlos, 74 p.
- Vargas, N. (2000). Estimación de Indicadores Operativos de Rutas de Transporte Colectivo del Municipio Baruta mediante utilización de Sistemas de Información Geográfica, Informe Final de Pasantías, Carrera de Urbanismo, USB, 130 p.
- Vivas, W. (2000). Inventario y Evaluaciones de Intersecciones Semaforizadas en el Eje Chacaito-La Trinidad para implantación de sistema preferencia de transporte público, Informe Final de Pasantías, Especialización en Transporte Público, USB, 142 p.