

Territorios 25 / Bogotá, 2011, pp. 121-149
ISSN: 0123-8418
ISSNe: 2215-7484

Transporte urbano y movilidad cotidiana

Impacto ambiental de un nuevo modelo de sistema de transporte público para Caracas

Environmental Impact of a New Transit Model for Caracas

Impacto ambiental de um novo modelo de sistema de transporte público para Caracas

Josefina Mundó Tejada*

Rosa Virginia Ocaña**

Recibido: 27 de mayo de 2010

Aprobado: 6 de septiembre de 2010

Para citar este artículo

Mundó, J. y Ocaña, R. (2011), "Impacto ambiental de un nuevo modelo de sistema de transporte público para Caracas", en *Territorios* 25, pp. 121-149.



* Urbanista, Universidad Simón Bolívar (Venezuela); doctora en Arquitectura, Universidad Central de Venezuela; profesora titular del DPU de la USB. Correo electrónico: jmundo@usb.ve; chmundo@gmail.com

** Economista, Universidad de los Andes (Venezuela); doctora en Multidisciplinario (Transporte), Universidad París XII (Francia); Profesora titular del Departamento de Planificación urbana de la Universidad Simón Bolívar (Venezuela). Correo electrónico: rocana@usb.ve

Palabras clave

transporte público, BRT, redes integradas, Caracas, impacto ambiental.

Key Words

public transportation, BRT, Caracas, environmental impact.

Palavras chave

transporte público, BRT, redes integradas, Caracas, impacto ambiental.

RESUMEN

En el ámbito urbano una de las principales fuentes contaminantes del ambiente son los vehículos automotores. Una estrategia para reducir el número de los vehículos en circulación y frenar el deterioro ambiental es el mejoramiento del sistema de transporte público y estimular su uso. Para hacer atractivo el empleo del transporte público en Caracas es indispensable hacer cambios importantes en este. Se propone la implantación de un sistema de Bus Rapid Transit (BRT) que responda a los deseos de movilización de la población expresados en la Encuesta de Movilidad de 2005. En dicha propuesta, las líneas de la red de transporte masivo existente constituirían rutas troncales del sistema más importantes; el BRT contemplaría la operación de estas rutas a lo largo del eje este-oeste de la ciudad y de los principales corredores viales de los valles secundarios localizados al suroeste y sureste de Caracas; y las rutas alimentadoras operarían desde distintos sectores hacia las rutas troncales. La estimación del impacto ambiental derivado de la implantación del sistema propuesto, calculado solo con base en la sustitución de unidades minibús por autobuses en los principales corredores, señala ahorros sustanciales en consumo de espacio y de combustible; una disminución moderada del ruido; y reducciones de las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HC).

ABSTRACT

In the urban areas one of the major polluting sources of the environment are motor vehicles. A strategy to reduce the vehicles in circulation and stop environmental degradation is the improvement of the public transport system and the encouragement of its use. In Caracas to make attractive the use of public transport is required to make major changes to it. For this reason, it's proposed the implementation of a Bus Rapid Transit (BRT) system that responds to the trips needs of the population reflected in the 2005 survey of mobility. The lines of the existing mass transport network would constitute the main trunk lines in the system. The BRT trunk lines would operate along the east-west axis of Caracas and the main corridors of the secondary valleys located to the southwest and southeast of the city. Feeder lines would operate from different sectors towards the trunk lines. The estimation of the environmental impact arising from the implementation of the system proposed—calculated based on the replacement of small units by buses in the main corridors—, reductions in emissions of CO, NOx and HC.

RESUMO

No âmbito urbano, uma das principais fontes contaminantes do ambiente são os veículos automotores. Uma estratégia para reduzir os veículos em circulação e frear a deterioração ambiental é o melhoramento do sistema de transporte público e o estímulo de seu uso. Em Caracas para fazer atrativo o uso do transporte público se requiere introducir mudanças importantes no mesmo. Propõe-se a implantação de um sistema de “Bus Rapid Transit” (BRT) que respondam aos desejos de mobilização da população refletidos na Pesquisa de Mobilidade de 2005. As linhas da rede de transporte massivo existente construiriam as principais rotas troncais do sistema. O BRT contemplaria a operação de rotas troncais ao longo do eixo leste-oeste da cidade e das principais auto-estradas dos vales

secundários localizados ao sudoeste, sudeste da cidade. Rotas alimentadoras operariam desde distintos setores às rotas troncais.

A estimação do impacto ambiental derivado da implantação do sistema proposto, calculados só com base na substituição de unidades miniônibus por ônibus nas principais auto-estradas, assinala poupanças substanciais em consumo de espaço e de combustível, uma diminuição moderada do barulho, e reduções das emissões de CO, NO_x y HC.

El transporte y el deterioro ambiental

El deterioro ambiental causado por la contaminación y sus consecuencias sobre la salud y el bienestar de las personas es una preocupación compartida por organizaciones públicas y privadas, gobiernos y comunidades alrededor del mundo.

Se entiende por contaminación ambiental la presencia de uno o más agentes —físicos, químicos o biológicos— en concentraciones, formas y espacios que puedan resultar nocivos para la salud, la seguridad o el bienestar de los individuos. Esta puede derivarse de fuentes naturales o antropogénicas; las antropogénicas están vinculadas con las actividades desarrolladas por el hombre en su vida cotidiana, siendo las fuentes más significativas las relacionadas con las actividades industriales, agrícolas, comerciales, residenciales y de transporte. Este último, como fuente de contaminación y deterioro ambiental, es particularmente importante en las áreas urbanas, donde se estima que los vehículos automotores

(fuentes móviles) son los principales responsables de la contaminación del aire.

Tradicionalmente, los factores causantes del deterioro ambiental vinculados al transporte son la contaminación atmosférica y la contaminación auditiva. Sin embargo, la circulación de vehículos en áreas urbanas puede generar otras manifestaciones no deseadas desde el punto de vista de la calidad ambiental, entre las cuales cabe señalar la congestión y la pérdida o degradación del espacio público (por ejemplo, pérdida de espacios para la actividad peatonal segura, ennegrecimiento de fachadas, agrietamiento de paredes de edificaciones a causa de la vibración, etc.).

Emisiones

Los vehículos automotores emiten agentes contaminantes en proporciones más o menos altas, aunque no todos los agentes pueden considerarse igual de dañinos. Los mayores esfuerzos para regular la contaminación del aire por fuentes móviles se realizan sobre el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), las partículas suspendidas (SPM), el plomo (Pb), los hidrocarburos (HC) y el ozono (O₃).

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro emitido a la atmósfera como resultado de los procesos de combustión; también se forma por la oxidación de hidrocarburos y la quema de compuestos orgánicos como la madera y el carbón. Este gas es absorbido por la corriente sanguínea y al reaccionar con la hemoglobina forma carbo-oxi-hemoglobina, la cual disminuye

la capacidad de la sangre para cargar oxígeno. Una concentración alta de monóxido de carbono provoca la muerte; pequeñas concentraciones causan mareo, dolor de cabeza, fatiga y disminución de la velocidad de los reflejos. Las operaciones de transporte son las fuentes principales de monóxido de carbono, y se pueden detectar concentraciones intermedias del gas en corredores viales, con un flujo importante en el tránsito vehicular, túneles y estacionamientos. Cuando el monóxido de carbono se oxida se convierte en dióxido de carbono (CO_2), gas que contribuye al efecto invernadero y, por ende, al calentamiento global.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son fundamentalmente óxido nítrico (NO), producto de la quema de combustibles, que al ser emitido por las fuentes móviles se oxida en dióxido de nitrógeno (NO_2). La cantidad de óxidos de nitrógeno emanada de los vehículos depende de la temperatura, tanto ambiental como del motor, la humedad, el tiempo de residencia del motor y el diseño de la cámara de combustión. Las concentraciones típicas de óxido nítrico en las inmediaciones de corredores de transporte no causan efectos negativos sobre la salud, pero al convertirse en dióxido de nitrógeno pueden generar problemas en el sistema respiratorio. La reducción de la visibilidad también puede ser causada por el dióxido de nitrógeno por ser este un gas de color marrón, componente principal del smog.

Las partículas suspendidas pueden ser cualquier sólido o líquido disperso en el aire como el polvo, la ceniza, el humo,

entre otros. Debido al tamaño reducido de las partículas producidas por fuentes de combustión, estas pueden permanecer suspendidas en la atmósfera por largos períodos, ocasionando problemas respiratorios, disminución de la visibilidad, incremento de la corrosión de los materiales y deterioro de la vida de las plantas.

Los hidrocarburos son productos derivados de la destilación del petróleo, excluyendo el metano. En concentraciones bajas, típicas de las fuentes de transporte, la combustión de los hidrocarburos no es dañina, pero constituye el principal elemento en la formación de radicales libres en la atmósfera que pueden reaccionar con otros componentes para formar oxidantes fotoquímicos, como el ozono, los cuales son considerados contaminantes secundarios. Los oxidantes fotoquímicos causan irritación de ojos, nariz y garganta, y afectan los pulmones al punto de alterar su resistencia a infecciones bacterianas.

El plomo es una toxina que provoca una diversidad de efectos adversos a la salud y puede, incluso, en grados elevados, ocasionar la muerte. La intoxicación con plomo disminuye el rendimiento intelectual, genera deficiencias tanto de la memoria reciente como del tiempo de reacción, y variaciones del comportamiento; también conduce a enfermedades renales, anemia, hipertensión e infertilidad. Los vehículos automotores, al quemar gasolina con plomo emiten, a través de su sistema de escape, partículas de plomo que se dispersan en el aire y que son absorbidas por el sistema respiratorio de los humanos; cuando estas

partículas se mezclan con polvo y tierra, el plomo persiste indefinidamente por ser un elemento no degradable (Alianza para erradicar la intoxicación con plomo en la niñez, 1993). En contextos donde se ha impuesto el uso de la gasolina sin plomo, se ha eliminado la emisión de este elemento por fuentes de transporte, y ha dejado de ser considerado un contaminante del aire.

Es evidente la relación directa entre las emisiones de agentes contaminantes del aire, el volumen de vehículos y la velocidad (Edwards, 1992). El vínculo entre el volumen de vehículos en circulación y los niveles de contaminación es fácil de entender, pues cada vehículo es una fuente de contaminación independiente, y a mayor cantidad de vehículos concentrados en un espacio determinado, mayor será la emisión de contaminantes al aire. Por el contrario, el efecto de la velocidad sobre la calidad del aire no es tan simple de visualizar ya que los diversos agentes contaminantes se comportan de maneras distintas: a mayor velocidad, la emisión de monóxido de carbono y de hidrocarburos a la atmósfera disminuye, mientras que la de óxidos de nitrógeno aumenta. Asimismo, es necesario acotar que cuando los vehículos circulan a una mayor velocidad, recorren un área mayor en menor tiempo y, por tanto, las emisiones se distribuyen en una superficie mayor, disminuyendo los gramos de concentración del contaminante por kilómetro.

En Venezuela, el ente responsable de la captación de datos sobre las emisiones de contaminantes del aire es la Dirección de Calidad del Aire del Ministerio del Poder

Popular para el Ambiente, y cuenta con once estaciones de monitoreo en el país; cuatro están ubicadas en el Distrito Metropolitano de Caracas, específicamente en los sectores El Silencio, El Cementerio, Los Ruices y Bello Campo. Las estaciones registran datos sobre partículas totales suspendidas (PTS), plomo en partículas suspendidas (Pb en PTS), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) que luego se comparan con los límites permisibles establecidos en el Decreto 638 sobre “Normas de calidad del aire y control de la contaminación atmosférica” (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Parques, 1995).

De acuerdo con la Gerencia de Estadísticas Ambientales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2007) para el período 1996-2005, en la estación El Silencio —ubicada en el área central de la ciudad en una zona que atrae casi 13% de los viajes de la hora pico, con un elevado volumen de tránsito— se excedió ampliamente el límite de 75 ug/m³ (microgramo por metro cúbico) de partículas suspendidas totales establecido en el decreto.

En cuanto a la concentración de plomo en partículas suspendidas, las estadísticas muestran que la estación El Silencio superó el límite permisible de 1,5 a 2,0 ug/m³ en 2000 y 2001. En 2002, 2004 y 2005¹ tuvo lugar una disminución drástica del promedio geométrico anual de Pb en PTS en todas las estaciones de medición debido al programa de reducción gradual del tetraetilo de plomo en la gasolina, implantado

¹ No se tienen registros para 2003.

desde 1989, que contempló la eliminación definitiva de dicho componente para 2003.

La estación El Silencio registra las concentraciones más elevadas de dióxido de nitrógeno (NO_2), sin superar el límite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contemplado en el Decreto 638. En las demás estaciones tampoco se excede el límite permitido, lo cual demuestra un comportamiento errático en la concentración de dióxido de nitrógeno. Lamentablemente, no pudo ubicarse información actualizada y confiable sobre la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Caracas.

Ruido

El ruido en una comunidad urbana es producto de la mezcla de sonidos no relacionados. Las fuentes de sonido son numerosas, y entre estas se encuentran el causado por la operación de los distintos modos de transporte, el de las actividades industriales y el derivado de la actividad cotidiana realizada por los miembros de la comunidad. La combinación de la frecuencia, la intensidad y la duración del sonido determina si este es placentero o no.

El barullo producido por el tránsito de automóviles es reconocido como el principal componente de la contaminación auditiva en el medio urbano. Las fuentes de este, provenientes de la operación de vehículos, son los sistemas de motor-escape y de neumático-superficie de rodamiento. El efecto del ruido causado por los modos de transporte se concentra en los corredores o ejes de la ciudad, debido a la disminución

del mismo con el incremento de la distancia a la fuente de emisión.

La velocidad a la que circula el vehículo influye en el nivel de ruido que este produce; así, a mayor velocidad de circulación, mayor es el nivel de ruido generado por el vehículo. Esto depende también de las condiciones de la superficie de rodamiento: en superficies muy rugosas, de grano grueso, puede producirse hasta de 5 dBA por encima de las condiciones promedio, mientras que en superficies de grano fino puede generarse hasta 5 dBA por debajo del promedio (Universidad Simón Bolívar y Fonacit, 2001). La falta de mantenimiento del parque automotor también contribuye a aumentar el ruido generado por el tránsito, ya que unos vehículos en mal estado producen más sonido de lo normal.

El volumen de vehículos en circulación es un factor determinante: en condiciones de flujo ininterrumpido, a mayor volumen mayor nivel de ruido. En dichas condiciones —típicas de las intersecciones urbanas, donde los vehículos se ven obligados a iniciar y detener su marcha constantemente— es donde se generan los mayores niveles de ruido. Allí, las fuentes principales de sonido son el sistema de frenado (desaceleración) y la interacción de los neumáticos con la superficie de rodamiento (aceleración).

Por lo regular, los sistemas con instalaciones a la altura de la superficie son más silenciosos, debido a que el ruido emitido por la unidad no se refleja en esta, pero produce más ruido en su entorno que los sistemas deprimidos. El ruido estructural, producido por los sistemas con líneas depri-

midas, se transmite por medio del suelo a toda la estructura de la instalación de transporte, así como a estructuras adyacentes. Las instalaciones elevadas poseen problemas de vibración que deben ser evadidos en áreas sensibles al ruido para no interrumpir las actividades presentes.

En el Distrito Metropolitano de Caracas no existe un instrumento legal único que regule y controle la contaminación auditiva; cuatro de los cinco municipios que lo integran tienen su ordenanza propia, y su análisis muestra incoherencia entre ellas. Es difícil disponer de información sobre el nivel de ruido en toda la ciudad; la poca información disponible está constituida por piezas aisladas y, quizá, no representativas.

A principios de 2009, el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente anunció el inicio de un plan piloto para la determinación y caracterización de los niveles de ruido ambiental en el centro de Caracas. Además de medir los niveles de ruido, el plan busca identificar acciones para mitigar el impacto negativo de la contaminación auditiva. El viceministro de Conservación Ambiental, Jesús Alexander Cegarra, al anunciar el plan señaló que:

Desde 1977 no se realizaban mediciones de ruido en el centro de Caracas con estos objetivos. En este sentido, este proyecto brindará información básica para el desarrollo de nuevos conjuntos residenciales e industriales, regeneración de zonas urbanas, ordenamiento del tránsito y elaboración de planes de movilidad que deban tomar en cuenta la variable ruido. El viceministro añadió que la meta final del proyecto es contar

con un sistema final de valoración y consulta del ruido ambiental en las principales ciudades del país (YVKE Mundial radio, 2009, 13 de enero).

Congestión

La congestión es producto de la incapacidad de la oferta de infraestructura vial para satisfacer las características temporales y espaciales demandadas por los usuarios que desean movilizarse de un lugar a otro haciendo uso de los distintos transportes. En la medida en que la demanda se aproxima a la capacidad física de la infraestructura, el flujo de vehículos es más forzado, con densidades elevadas y velocidades bajas, y esto recae en la prestación de un servicio deficiente a los usuarios. La congestión es típica de las áreas urbanas, sobre todo a las horas pico o de máxima demanda de viajes, debido a la interdependencia entre sectores, lo cual caracteriza a las ciudades; en otras palabras, el modo de vida urbano casi que obliga a los individuos a desplazarse a distancias relativamente largas para buscar servicios o cumplir con sus actividades laborales. En aquellas ciudades con poco desarrollo de los servicios de transporte colectivo superficial o rápido masivo, en que la mayoría de los movimientos tienen lugar por medio del vehículo particular, este es un fenómeno especialmente crítico, y se prolonga, con frecuencia, por largos períodos, sin hacer diferencia significativa de las condiciones bajo las cuales se producen los flujos entre las horas pico y no pico. El continuo crecimiento de la congestión y del parque automotor conlleva, sin lugar

a dudas, una presión por la dedicación de espacio a la circulación vehicular, en desmedro de un espacio público de calidad para los ciudadanos.

Algunos datos de la infraestructura vial de Caracas y sus condiciones de operación ayudan a comprender el grado de congestión en la ciudad y la importancia del automóvil privado en la composición del tránsito vehicular.

La red vial de Caracas está conformada por 2.650 km de vías (Barriga Dall'Orto S.A. y Somelca, 2000a), de los cuales 193 km (7,3%) son vías expresas, 346 km (13,1%) son arteriales, 192 km (7,2%) son colectoras principales, 201 km (7,6%) son colectoras secundarias y 1.718 km (64,8%) son locales. Mediciones de la velocidad de circulación realizadas en corredores viales expresos y arteriales apuntan a velocidades medias de operación de 25 km/h en el período pico de la mañana y de 27,8 km/h en el período pico de la tarde. En las vías arteriales, la velocidad media promedio es de 17 km/h, menor a la velocidad registrada en las vías expresas (Barriga Dall'Orto S.A. y Somelca, 2000b). En algunos tramos de vías arteriales, las velocidades llegaron a ser inferiores a los 15 km/h. Los tramos evaluados donde se registraron velocidades menores fueron aquellos localizados en las áreas centrales de la ciudad, específicamente en las avenidas Sucre, Baralt, Fuerzas Armadas, Libertador, Casanova, Francisco Solano López y Francisco de Miranda (ver Figura 1).

Conteos vehiculares en corredores viales (Barriga Dall'Orto S.A. y Somelca, 2000b), registraron el mayor tránsito pro-

medio diario en las estaciones ubicadas a lo largo de la autopista Francisco Fajardo, sobre todo entre los distribuidores Moledano, UCV, Chuao, Altamira y Parque del Este, donde el volumen sobrepasó los 80.000 vehículos diarios. En día laboral, en toda la red, el mayor volumen se registró entre los distribuidores Ciempiés y El Pulpo, en sentido este-oeste, con casi 124.000 automóviles. En este tramo, la hora pico está entre las 7 a.m. y las 8 a.m., siendo los volúmenes para este período de 8.400 en sentido este-oeste y 6.800 en sentido oeste-este. También se observaron flujos elevados en tramos de las autopistas Prados del Este y Coche-Tejerías, y en la avenida Libertador, con volúmenes cercanos a los 70.000 automotores en día laboral. En vías de acceso al centro de la ciudad, tales como las autopistas Francisco Fajardo, Coche-Tejerías y Prados del Este, se notó una marcada direccionalidad de los flujos, con comportamiento pendular (ver Figura 1).

De acuerdo con los conteos manuales, la clasificación vehicular promedio para todos los corredores es de 87,1% de vehículos livianos, 5,1% de vehículos de transporte público, 3,6% de vehículos de carga y 4,2% de motos, existiendo una gran variabilidad entre los corredores estudiados. En todos estos, la fracción de vehículos livianos es la más importante, variando entre 98,3% y 64,7%. Los corredores con mayor volumen de transporte público fueron la avenida Sucre de Catia, con 19,4%, la avenida Intercomunal de El Valle con 17,4%, y las avenidas San Martín, Bolívar y Francisco de Miranda con 15,5% cada una.

Figura 1. Líneas de metro operativas y principales arterias viales de Caracas*



Fuente: Elaboración propia.

* Para ver detalle de color en: <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/1847/1636>

El impacto ambiental positivo que podría generar la implantación de un sistema de transporte público integrado y de calidad en el Distrito Metropolitano de

Caracas, que supere las deficiencias del sistema actual, se explorará en las siguientes secciones del texto.

territorios 25

129

El sistema de transporte colectivo de Caracas

El sistema de transporte urbano de Caracas, al igual que el de todas las ciudades venezolanas, presenta desarticulación entre sus tres componentes o subsistemas: la infraestructura, el transporte público y el tránsito o circulación. Estos tres componentes deberían estar articulados entre sí para atender las distintas dimensiones (espacial, temporal, ambiental, etc.) de los flujos derivados de las interacciones entre las actividades urbanas, pero esto no ocurre, fundamentalmente, a consecuencia de visiones parciales y no sistémicas; de la ausencia de un modelo de desarrollo urbano sostenible en el tiempo; y de carencias en los procesos de planificación urbana y del transporte, entre otros.

La manifestación más evidente para el caraqueño común de esta desarticulación es la congestión, la cual se ha convertido en una realidad de su cotidianidad; y la creciente motorización, producto de las deficiencias del sistema vial (jerarquización vial inadecuada, discontinuidad de la red, capacidad insuficiente, etc.), de un sistema de transporte público precario, de la gestión y tratamiento del espacio público deficientes y de un marco legal e institucional confuso, con vacíos y superposición de responsabilidades, que no contribuye a la realización de planes coherentes en materia de transporte y vialidad.

Como en todos los sistemas de transporte urbano, en Caracas se presentan tres grandes actores: los usuarios, los operado-

res y las autoridades. Los usuarios conforman la demanda, los operadores representan la oferta y las autoridades de tutela son las encargadas de la definición de políticas, planificación, gestión, ejecución de la política, control y fiscalización del servicio. Cada uno de los actores desempeña un papel determinante e interactúa en el funcionamiento del sistema; sus intereses son, a veces, contradictorios y es necesario lograr un cierto equilibrio entre ellos para el mejor funcionamiento del sistema de transporte urbano. Estos actores, para el caso de Caracas, presentan características particulares.

Los usuarios del transporte urbano son tanto los que utilizan el transporte público como los que usan el privado; grupos que se disputan el espacio vial y cuyos intereses entran en conflicto. De acuerdo con un estudio de movilidad del año 2005, la población de Caracas, estimada para la fecha en 3.120.416 habitantes, generaba 4.924.661 desplazamientos diarios, de los cuales 18,5% se efectuaban a pie; 57,5%, en vehículos de transporte público; y 23,9%, en vehículos privados (Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas y Modelística CA, 2005).

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela distribuye la competencia en materia de transporte terrestre entre los poderes públicos nacional, estatal y municipal. Al poder público nacional le atribuye la competencia para el régimen del transporte terrestre de carácter nacional y el sistema de vialidad y de ferrocarriles nacionales. A los estados les atribuye la competencia exclusiva para la creación,

régimen y organización de los servicios públicos estatales; la ejecución, conservación, administración y aprovechamiento de las vías terrestres estatales; y la conservación, administración y aprovechamiento de carreteras y autopistas nacionales, así como de puertos y aeropuertos de uso comercial, en coordinación con el ejecutivo nacional. A los municipios les atribuye la vialidad urbana, la circulación y ordenación del tránsito de vehículos y personas en las vías municipales y los servicios de transporte público urbano de pasajeros.

Partiendo del marco constitucional, la organización de la competencia de los distintos poderes públicos está desarrollada en una retícula subordinada de normas, relativas tanto al ámbito institucional como al operativo, propiamente del transporte terrestre.

La retícula subordinada atribuye al ejecutivo nacional, desde el Ministerio de Transporte y Comunicaciones la rectoría nacional para dictar las políticas públicas en materia de transporte terrestre —Ley Orgánica de la Administración Pública y reglamentos orgánicos (Asamblea Nacional de la República, 2001, 17 de octubre). La Ley de Tránsito y Transporte Terrestre (Asamblea Nacional de la República, 2001, 26 de noviembre), instrumento rector nacional, regula los aspectos institucionales y operativos del sistema de transporte terrestre, distribuye la competencia en la materia entre los diferentes poderes públicos (nacional, estatal y municipal) y crea el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (Inttt). Esta base rectora ha sido

desarrollada por medio de reglamentos (Reglamento Ley de Tránsito Terrestre y Reglamento Parcial de la Ley de Tránsito Terrestre sobre Transporte Público de Personas), resoluciones ministeriales (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Ministerio de Infraestructura (Minfra) y el Ministerio del Poder Popular para el Comercio (Milco), manuales —Manual Interamericano de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, OEA, 1979)— y normas técnicas de cumplimiento obligatorio (Normas Covenin, las cuales reglamentan la tipología de vehículos de transporte público, transporte de carga, límite de peso de los vehículos de carga, cinturón de seguridad, estacionamientos, etc.).

Corresponde a los municipios, en ejercicio de sus competencias constitucionales previstas en la Ley Orgánica del Poder Público Nacional (Asamblea Nacional de la República, 2006), la facultad para regular, mediante los respectivos instrumentos legales de orden local, el servicio de transporte público urbano de personas y la fijación de sus tarifas, la ordenación del tránsito de vehículos y personas en las vías municipales y la construcción y conservación de la vialidad del ámbito municipal.

En la jurisdicción del Distrito Metropolitano de Caracas, la competencia en materia de transporte terrestre está atribuida a diversas autoridades de orden regional y municipal: el Distrito Capital, el Distrito Metropolitano de Caracas y los municipios Libertador, Sucre, Baruta, Chacao y El Hatillo; dicha competencia la ejercen por

²*Avances, son choferes que prestan servicio en vehículos que no son de su propiedad, bajo relaciones particulares.*

medio del Instituto de Seguridad y Transporte, el Instituto Municipal Autónomo de Transporte y Estrategia Superficial, la Dirección de Transporte, el Instituto Autónomo de Tránsito, Transporte y Circulación, y la Oficina Municipal de Tránsito y Transporte, respectivamente. En la práctica, existe concurrencia de competencias en diversas áreas —varias autoridades en ellas— y vacíos legales e institucionales en otras. Esta realidad hace difícil la necesaria coordinación para la planificación y gestión exitosa del sistema de transporte urbano.

El sistema de transporte colectivo que sirve a la ciudad de Caracas no constituye un servicio de calidad, capaz de atender adecuadamente las demandas de los usuarios y, menos aún, de atraer usuarios de otros medios de transporte. El sistema está conformado por dos subsistemas: el de transporte masivo y el de transporte colectivo superficial, los cuales no están integrados entre sí.

El subsistema de transporte masivo (metro), operado por Cametro, está conformado por cuatro líneas: la Línea 1, Propatria-Palo Verde; la Línea 2, Zoológico-Las Adjuntas-El Silencio; la Línea 3, El Valle-Plaza Venezuela; y la Línea 4, Capuchinos-Zona Rental. Estas líneas conforman una red de 54 km aproximadamente y 43 estaciones. En 2006 se integraron al sistema el Tren de los Valles del Tuy y el Metro Los Teques, los cuales facilitan a los habitantes de estas poblaciones aledañas el acceso a Caracas.

El subsistema de transporte público superficial presenta rasgos de “informalidad”

importantes, lo cual se evidencia en la manera flexible de la explotación del servicio, que detecta y responde de manera rápida a las demandas que nacen en diferentes lugares. Asimismo, la forma de propiedad en las organizaciones operadoras está atomizada, contando cada operador con un grado alto de independencia y de iniciativa en cuanto a la operación y organización del servicio. Las operadoras actuales del servicio de transporte público, por puestos y de jeeps y autobuses, son más artesanales que empresariales, lo cual tiene grandes repercusiones en la calidad del servicio y en los costos de operación. Sin embargo, a fin de tener mayor fuerza, estas mismas operadoras asumen un comportamiento corporativo al negociar con las autoridades temas como las tarifas o los itinerarios de rutas. La solidaridad entre los operadores privados ha permitido la reproducción del sistema desde los años sesenta, así como una situación de armonía, a pesar de las diferencias internas que existen, preservándose el monopolio del servicio en manos privadas.

El servicio de transporte colectivo superficial es prestado por 203 operadoras privadas y 2 operadoras públicas, que operan 514 rutas en toda el área del Distrito Metropolitano de Caracas con 17.790 vehículos. Del total de unidades, 1.220 son autobuses (6,9%), 10.867 (61,1%) son minibuses y 5.691 (31,9%) son vehículos rústicos. Las operadoras privadas agrupan 3.045 propietarios y constituyen la fuente de empleo de 3.459 personas entre propietarios-operadores (1.339) y avances²

(2.120). Según estas cifras, la relación entre el número de propietarios y el número de vehículos que operan en rutas intermunicipales es, aproximadamente 1, lo que indica la atomización del servicio. De igual manera, la relación entre el número de propietarios y avances, y el número de vehículos es 1,17.

En la ciudad existen 138 corredores viales con servicio de transporte público urbano (ver Figura 2); en 70,6% de estos corredores transita un número máximo de diez rutas, mientras que más o menos un 5%, el número de rutas sobrepasa las treinta; en esta última categoría los principales corredores son las avenidas Lecuna, Oeste 6, Universidad, San Martín, la Calle Colombia de Propatria y la autopista Francisco Fajardo.

El número de unidades de transporte público por corredor es muy variable, existiendo, en el extremo inferior del espectro 10,1% de corredores con un número máximo de 50 unidades y, en el extremo superior 2,9% de corredores con 1.600 a 1.800 unidades.

Los corredores con las mayores ofertas de puestos equivalentes (en todas las tipologías de unidades) son vías arteriales de la ciudad, entre las cuales cabe mencionar, en primer lugar, a las avenidas Urdaneta y Francisco Miranda con 72.892 y 69.540 puestos equivalentes respectivamente. Segundo, a las avenidas Lecuna, Solano López, Sucre, San Martín, y la Calle Colombia (Propatria) con 69.076, 65.216, 61.760, 57.712, y 59.422 puestos equivalentes respectivamente. Y en tercer término, a las

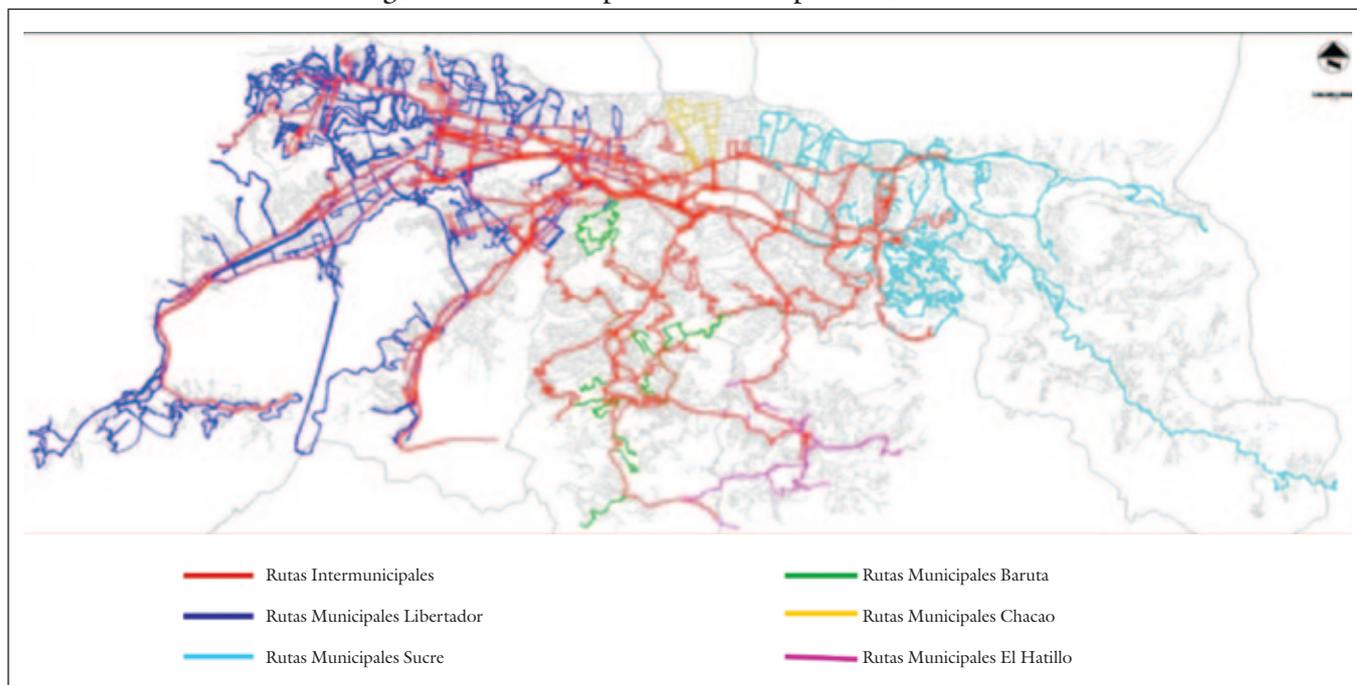
avenidas Libertador, Universidad y Fuerzas Armadas con 56.122, 50.910 y 48.462 puestos equivalentes. A la autopista Francisco Fajardo, uno de los principales ejes este-oeste de la ciudad, se asocian 38.320 puestos equivalentes.

En los diferentes corredores, la relación entre el número de minibuses y de autobuses (utilizada como indicador del uso del espacio) varía entre 0,3 y 62,3. En 61,1% de los corredores por donde circulan ambos tipos de vehículos, la relación máxima es de seis unidades tipo minibús por cada autobús; y en un 91,6% la relación alcanza el valor de veintiún minibuses por cada autobús. Las relaciones más altas están asociadas con las avenidas Andrés Bello (62,36) y Rómulo Gallegos (61,89). Este indicador señala que en corredores cuya geometría permite la circulación de vehículos de alta capacidad, circula un número elevado de unidades tipo minibús, lo que contribuye a la congestión. Asimismo, esta combinación de las tipologías de unidades que integran la flota incide en la eficiencia del uso del espacio ocupado, en el consumo de combustible y en la contaminación.

Propuesta de un sistema BRT para Caracas

La realidad descrita en las páginas anteriores señala la necesidad de introducir cambios importantes en el sistema de transporte público de Caracas, buscando, por una parte, ofrecer a los usuarios un mejor servicio, que responda satisfactoriamente a

Figura 2. Red de transporte colectivo superficial de Caracas*



Fuente: Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas (2006).

* Para ver detalle de color en: <http://revistas.uosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/1847/1636>

sus necesidades de movilización y, por otra, alcanzar beneficios sociales y ambientales.

En las últimas décadas, ciudades de América Latina como Curitiba, Bogotá, Quito, Santiago, São Paulo, Recife y Ciudad de México han afrontado crisis severas en sus sistemas de transporte urbano, caracterizadas por altos grados de congestión, velocidades de circulación bajas, servicios de transporte público precarios tanto en términos cuantitativos como cualitativos, tiempos de viaje elevados, inequidad en el acceso al transporte para los distintos grupos socioeconómicos, incremento de la contaminación atmosférica, auditiva y

visual, y un número de accidentes elevado; factores que se conjugaron y condujeron a la disminución de la calidad de vida de los habitantes de estas urbes. Con la intención de dar solución a su problemática de transporte, un número de ciudades importante emprendió un conjunto de estudios, planes, programas y proyectos que, fundamentalmente, persigue el diseño de un sistema de transporte colectivo público atractivo para la población, gestionado de manera eficiente, capaz de ofrecer un servicio de calidad a los usuarios, y así, desestimular el uso de los modos privados de transporte y contribuir a la preservación del ambiente.

De esta manera, hoy día, estas ciudades exhiben, o están implantando, redes integradas de transporte, también conocidas como sistemas de Bus Rapid Transit (BRT).

Vistos los resultados obtenidos en ciudades de América Latina donde se han establecido sistemas BRT, se propone la implantación de un sistema de este tipo en Caracas,³ haciendo uso del potencial de las arterias viales de la ciudad para permitir el establecimiento de canales exclusivos para vehículos de alta capacidad. La infraestructura vial no deberá representar una restricción inviolable para la implantación del sistema; si bien se propone el uso de las vías existentes, deberán realizarse las inversiones necesarias para la construcción o mejora de tramos, enlaces o nodos viales, cuyas características actuales obstaculicen la implantación del sistema, decisión que ameritará un estudio de viabilidad económica y de ingeniería de detalle.

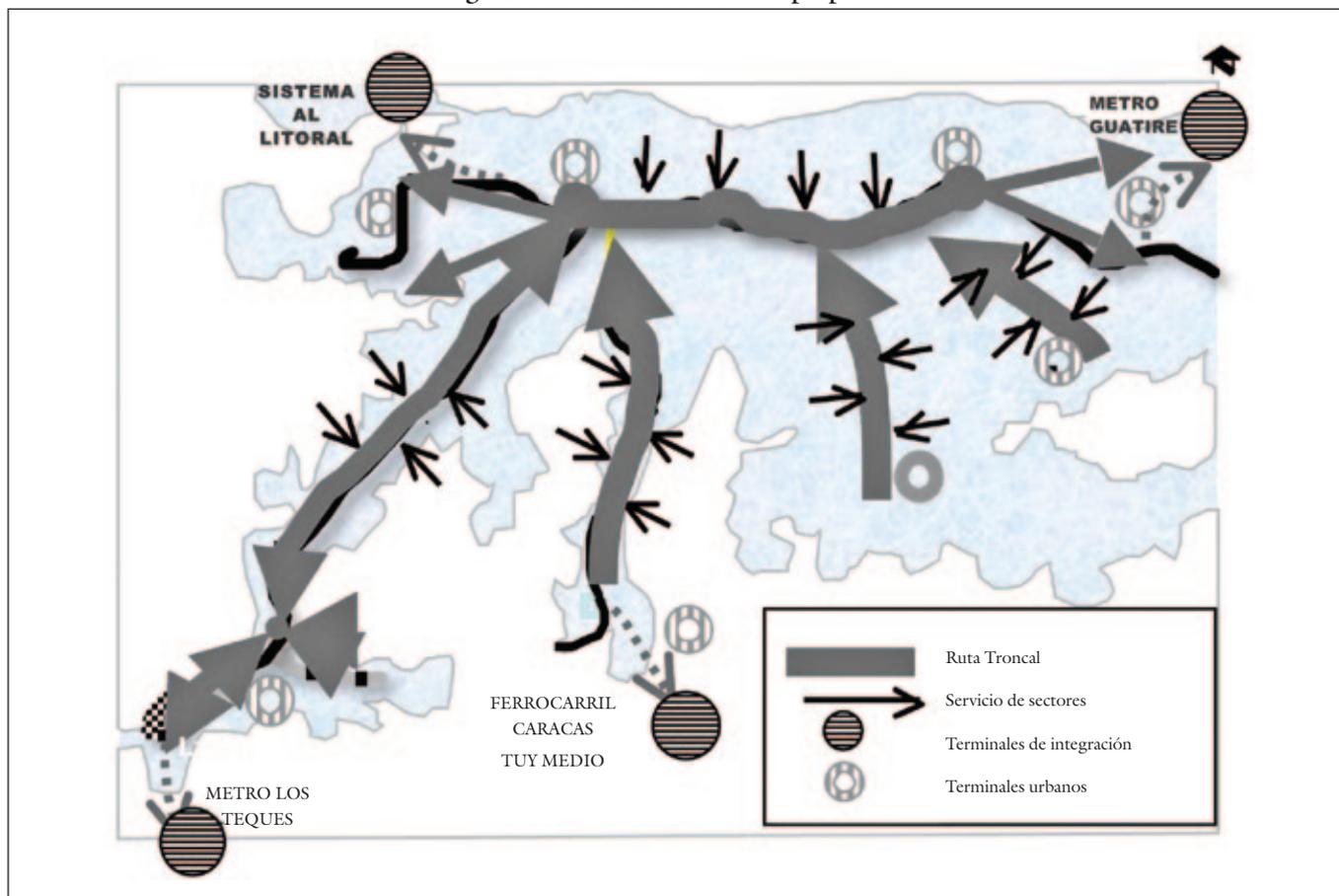
El sistema BRT deberá responder a los deseos de viaje de la población residente en los cinco municipios de Caracas (Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo). Su concepción debe partir de la existencia del metro de Caracas, que moviliza a diario 1.400.000 usuarios, aproximadamente (*El Universal*, 2010, 26 de octubre), por lo que las líneas de este deberán considerarse como las principales rutas troncales del sistema. No obstante, en el dimensionamiento del proyecto habrá que tomar en cuenta que hoy día los problemas de saturación del metro solo ocurren a lo largo de la Línea 1. El sistema BRT propuesto contempla la operación de rutas troncales a lo largo del

eje este-oeste de la ciudad, y a lo largo de los principales corredores viales de los valles secundarios localizados al suroeste y sureste de la ciudad. Las rutas alimentadoras trasladarían a la población de los distintos sectores hacia las rutas troncales (ver Figura 3).

A grandes rasgos, la estructura de rutas planteada contemplaría: 1. Rutas troncales a lo largo del eje este-oeste de la ciudad, especialmente en el tramo comprendido entre el Casco Central y El Marqués que acumula 44,2% de los destinos de viaje en la hora pico, y 22,8% de los orígenes; 2. Rutas troncales —bajo una configuración de ejes— en los extremos oeste y este de la ciudad (Parroquias Sucre y 23 de Enero y Petare). En el Distrito Metropolitano de Caracas, estas dos zonas representan el destino de 6,3% y 6,5% de los destinos de viajes, es decir, no son grandes atractoras a escala metropolitana; sin embargo, en términos de origen, la Parroquia Sucre representa 13,2% de los viajes totales de la hora pico y Petare, 13,4%. Debido, por una parte, a la localización en ambos sectores de un importante número de hogares pertenecientes a los estratos menos favorecidos social y económicamente y, por otra, a que en este período del día la población realiza, sobre todo, viajes con propósitos de trabajo y educación, se considera de interés social facilitar los traslados de estos grupos poblacionales. Asimismo, hay que tomar en cuenta que estos sectores representan las puertas de la ciudad desde La Guaira y Guatire-Guarenas; 3. Rutas troncales en Santa Rosalía-El Valle-Coche; San Juan-La Vega-Antimano, y Caricuao-Las Adjuntas-

³ El sistema BRT descrito en este texto está basado en la investigación Definición de un modelo conceptual para el sistema de transporte público del DMC (*Mundó*, 2007).

Figura 3. Estructura del sistema propuesto*



Fuente: Elaboración propia a partir de la tesis doctoral de Josefina Mundó.

* Para ver detalle de color en: <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/1847/1636>

Macarao que faciliten la vinculación de estos sectores con el Casco Central, zona con la que mantienen el mayor número de intercambios de viaje; 4. Rutas troncales en Baruta-El Hatillo que conecten este sector con la Línea 1 del metro, ya que los principales intercambios de viaje de estos municipios ocurren con el eje Casco Central-El

Marqués, por lo que, facilitando el traslado de los usuarios hacia la Línea 1, estos podrían movilizarse a lo largo del valle principal de la ciudad. El interés fundamental de vincular a la red integrada los municipios Baruta y El Hatillo es desestimular, en los grupos poblaciones que en ellos residen, el uso predominante del vehículo privado

como modo de transporte. Al ser la ciudad indivisible, los efectos positivos de la reducción del uso del automóvil en alguno de sus sectores, necesariamente generará beneficios en otras zonas de la misma; 5. Rutas del servicio alimentador metrobús prestando servicio bajo la lógica operacional del nuevo sistema de transporte público de la ciudad (metro más red integrada) y no solo de la red metro; 6. La estructuración de un servicio de transporte sectorial que atienda los viajes internos en los distintos sectores; este servicio, con una red de rutas coherente, también deberá ser capaz de movilizar a los usuarios hacia los principales puntos de acceso al nuevo sistema de transporte; 7. Rutas sectoriales que den acceso a la red del sistema de transporte a los habitantes de las zonas de crecimiento no controlado; para esto será necesario mejorar las condiciones de la infraestructura vial de estas áreas; y 8. Servicios expresos, cuando la demanda lo permita, a lo largo de las vías expresas del Distrito Metropolitano de Caracas.

La selección de las vías para la implantación de las rutas troncales y alimentadoras de la red, como se señaló previamente, deberá fundamentarse en las características geométricas favorables de las opciones existentes, su continuidad y la posibilidad de definición de circuitos para el retorno de las unidades y en la estructura de la red del sistema de transporte público.

Para implantar el sistema deberá evaluarse la factibilidad de uso de las vías que se mencionan a continuación, en concordancia con la estructura de red: 1. Para las rutas troncales a lo largo del valle principal

de la ciudad, las avenidas Sucre y Bolívar, y Urdaneta, Universidad, Andrés Bello (superando su discontinuidad en La Florida), Libertador (superando su discontinuidad en La Campiña), Francisco de Miranda, Rómulo Gallegos y Sanz; 2. Para la implantación de las rutas troncales en Santa Rosalía-El Valle-Coche y San Juan-La Vega-Antímano, las avenidas Intercomunal de Antímano y San Martín, y Fuerzas Armadas (superando su problema de discontinuidad en su extremo norte) y Nueva Granada; 3. Para la implantación de las rutas troncales en Caricuao-Las Adjuntas-Macaraao las avenidas Intercomunal La Vega-Montalbán, José Antonio Páez y Baralt (superando las restricciones para completar el circuito); 4. Para la implantación de las rutas troncales en Baruta-El Hatillo, la autopista de Prados del Este y el Boulevard El Cafetal; y 5. Para la implantación de un servicio expreso, la autopista Francisco Fajardo.

En las arterias mencionadas se daría preferencia al emplazamiento central de los canales o vías de circulación de las unidades de transporte y se implantarían canales de rebase en las estaciones donde la geometría de la vía lo permita. Adicionalmente, en los corredores donde operen rutas troncales y alimentadoras, deberán establecerse medidas de gestión del tránsito como semaforización, control espacial y temporal del estacionamiento, regulación de actividades de carga y descarga de mercancías, restricciones al uso del vehículo particular, etc., destinadas a facilitar la circulación de los vehículos de transporte público.

La flota utilizada para operar el sistema de transporte influye de manera significativa en la calidad del servicio ofrecido al usuario, en la obtención de beneficios sociales y ambientales y en la creación de la identidad de este, de allí la importancia de su selección. Debe acotarse que la elección del vehículo está estrechamente relacionada con la demanda, las características geométricas de las vías y el diseño de las estaciones, por lo cual estas decisiones fluyen de manera paralela e interrelacionada.

En las rutas troncales la preferencia pertenece a autobuses de alta capacidad. Donde la demanda lo justifique y la geometría de la vialidad lo permita, deberá operarse con autobuses articulados. En rutas alimentadoras y sectoriales, por lo general asociadas con zonas de menor demanda, debe primar el uso de autobuses convencionales. Hay que evitar el uso de vehículos de baja capacidad, a menos que las condiciones del ambiente lo exijan (por ejemplo, en rutas periféricas); aun en estos casos, se emplearán vehículos de doble tracción con una capacidad aproximada de veinte pasajeros (66,6% superior a los jeeps utilizados en la actualidad), disponibles en el mercado.

Las unidades deberán contar con equipos que permitan el monitoreo de su operación (como GPS y equipos de comunicación). En la búsqueda de beneficios ambientales se utilizarán tecnologías limpias, que cumplan con la normativa vigente sobre emisión de fuentes móviles. Las unidades deberán cumplir con los requerimientos de diseño impuestos por la localización central o lateral de los canales de

circulación (ubicación de las puertas de las unidades); por el diseño de las estaciones (altura de piso); y con las especificaciones técnicas de diseño interior y exterior (número y distribución de asientos, correas de seguridad, acceso a personas con discapacidad, colores, etc.). Estas especificaciones serán fijadas por la autoridad responsable de la planificación del servicio.

La localización de las estaciones y los terminales deberá responder a la distribución espacial de la demanda (ubicación de generadores de viajes), y las facilidades potenciales que un determinado sitio ofrezca para el trasbordo de usuarios entre las líneas y rutas del sistema de transporte público en su conjunto (metro, red integrada y otros servicios). Dado el clima tropical de la ciudad, la distancia entre estaciones debería variar entre 300 y 1.000 m.

El diseño de las estaciones debe facilitar las operaciones realizadas en ellas entre usuarios y operadores, incrementar el atractivo del sistema y facilitar la integración modal; asimismo, ofrecer al usuario protección climática y buena iluminación para contribuir con la seguridad de los usuarios y operadores en horarios nocturnos. Se requerirán, entonces, canales o rutas de acceso peatonal a las estaciones, dimensionadas de acuerdo con el flujo peatonal, señalizadas, iluminadas, seguras y bien mantenidas. El diseño de las estaciones y terminales deberá contemplar espacios de información sobre el sistema de transporte público en su conjunto: líneas, rutas, terminales, estaciones, sitios de transferencia, horarios de operación, tarifas, etc.

Las facilidades de acceso peatonal serán especialmente importantes en sectores de baja densidad o de topografía accidentada. Por ser la bicicleta un medio que puede incrementar el radio de influencia de la estación, también debe evaluarse el establecimiento de rutas de acceso y estacionamientos seguros para bicicletas.

La integración entre modos de transporte público superficial y masivo puede facilitarse construyendo en las inmediaciones de las estaciones intercambiadores que permitan a los usuarios realizar su transferencia entre unidades o modos de forma cómoda y segura. Este tipo de instalación tiene como ventajas el poco espacio y la baja inversión que requieren. La designación de espacios para paradas de taxis en las inmediaciones de las estaciones, así como la construcción de estacionamientos para vehículos privados también son mecanismos para la integración física de los modos.

La estructura de la red integrada incluye la red metro de Caracas, la red del Metro Los Teques y del Ferrocarril de los Valles del Tuy, así como los futuros sistemas de transporte masivo de Guarenas-Guatire y de La Guaira, por lo que deben ser consideradas sus estaciones finales en la localización de los terminales, con el fin de facilitar la integración intermodal.

Del mismo modo, deben contemplarse terminales urbanos en el Distrito Metropolitano de Caracas, asociados con las rutas troncales y alimentadoras propuestas. Hoy día, existen diversas propuestas para la localización y rehabilitación de terminales en Caracas como Río Tuy (Inmetra), El Es-

fuerzo (Inmetra y Sucre), Nuevo Circo II, Antímano y Parque del Oeste (Libertador), El Mercado y La Urbina (Sucre) y Chacaito (Chacao y Baruta). Finalmente, de tomarse decisiones adecuadas en su localización y diseño, las terminales pueden representar una oportunidad de reordenamiento y de recuperación de espacios.

La operación del sistema de transporte público deberá ser monitoreada por un centro de control, que hará seguimiento de la operación del subsistema de transporte masivo y del subsistema de transporte superficial, ajustando la operación a las fluctuaciones de la demanda de acuerdo con pautas dictadas por la autoridad única (situación que explicaremos más adelante), ente responsable de la planificación del sistema. Esto permitirá llevar estadísticas diarias del movimiento de la flota y de los pasajeros transportados, las cuales serán entregadas a la autoridad única con el fin de alimentar la planificación del sistema y la programación de la operación. Adicionalmente, estas estadísticas contribuirán a la administración transparente de los ingresos.

El sistema contempla el uso de boletería. El método para la compra del boleto y su validación deben contribuir a disminuir el tiempo asociado con el flujo de pasajeros. En las rutas troncales, el boleto será prepago y deberá ser validado por el usuario en los espacios de la estación o terminal. Preferiblemente, en las rutas alimentadoras se utilizará el mismo método; sin embargo, de acuerdo con la demanda estimada de pasajeros, en estas podría optarse por

un boleto prepagado que se valide en el interior de la unidad. La tecnología de boletería seleccionada debe emplearse en los distintos sistemas de transporte que sirven al Distrito Metropolitano de Caracas, ser segura y no susceptible al fraude. Considerando la existencia de una proporción importante de población de bajos recursos económicos, deberá ofrecerse al usuario la posibilidad de comprar boletos para uno o múltiples viajes.

De acuerdo con una evaluación de las ventajas y desventajas de las distintas fórmulas de gestión previstas en la Ley Orgánica del Poder Público Municipal (Asamblea Nacional de la República, 2006), se decidirá quién(es) será(n) el(los) responsable(s) de la operación de la red integrada. En todo caso, el número actual de operadores debe disminuir considerablemente para, en primer término, hacer más eficaz la fiscalización de la operación por parte de la autoridad única y, en segundo lugar, para lograr que los operadores, al realizar su labor con una flota mayor, puedan beneficiarse de economías de escala que redundan en la disminución de costos de operación y mantenimiento.

El número exacto de operadores, al igual que la decisión de organizarlos por corredores o por zonas de la ciudad, dependerá de los resultados de la simulación del modelo propuesto. Esta decisión deberá ser equitativa para todos los operarios, pero, al mismo tiempo, debe considerar las implicaciones del tipo de organización por la que se opte sobre la eficiencia y la calidad del servicio prestado a los usuarios.

En el proceso de implantación de la red, los operadores actuales deberán ser informados y participar desde el inicio, de manera que vislumbren el proyecto como un beneficio para la ciudad y la colectividad, y como una oportunidad para mejorar sus condiciones de trabajo y de vida. Sujeto a las directrices de la autoridad única para la prestación del servicio, e incorporando las distintas mejoras tecnológicas y organizacionales, se dará prioridad a los operadores históricos.

El modelo propuesto también contempla la capacitación del recurso humano que participará en la administración y prestación del servicio. Deberá crearse la Escuela de Conductores, prevista en la Ley de Tránsito y Transporte (Asamblea Nacional de la República, 2001, 26 de noviembre), así como establecer de manera definitiva el uso de las cédulas de servicio obligatorias. También deberá capacitarse al personal de las operadoras en técnicas gerenciales y administrativas.

Dada la situación de autoridades múltiples, una autoridad única de transporte urbano constituiría una mayor garantía para el logro de una visión sistémica del servicio de transporte colectivo urbano, con objetivos coordinados y metas basadas en una concepción completa y armónica. De igual manera, la creación de una autoridad única o coordinadora, contribuiría a reducir la burocracia asociada con los procesos de gestión, a facilitar la coordinación de las actuaciones de los gobiernos locales y del Gobierno nacional, y a un mejor aprovechamiento de los recursos al haber una menor dispersión de los mismos, todo lo

cual también redundaría en un cúmulo de beneficios de variada naturaleza.

Estimación del impacto ambiental potencial del modelo propuesto

Con el propósito de ilustrar el impacto ambiental y los posibles beneficios al implantar un modelo de transporte público como el descrito para el Distrito Metropolitano de Caracas, del conjunto de corredores viales de la ciudad, se seleccionaron cuatro de aquellos que formarían parte de las rutas troncales y alimentadoras del sistema; específicamente, se escogieron las avenidas Bolívar, Urdaneta, Andrés Bello y Francisco de Miranda. Para cada uno de estos corredores se estimaron las variaciones en la generación de emisiones contaminantes y de ruido, y en el consumo de espacio y de combustible, si se cambiara la composición de la flota que los transita en la actualidad, disminuyendo el número de minibuses e incrementando el de autobuses, hasta que estos últimos constituyan la totalidad de la flota.

Previo a la presentación de los resultados de las estimaciones es necesario explicar el procedimiento seguido para la realización de las mismas: 1. Se partió de mantener el número de puestos equivalentes ofertados en cada corredor hoy día, a pesar de que pudiera presumirse una sobreoferta de puestos en algunos de ellos. Para asegurar o no la existencia de sobreoferta se requeriría de una simulación completa del sistema que permitiera precisar el número de puestos demandados en cada corredor, por lo cual se prefirió trabajar con el nú-

mero de puestos actual; 2. Para cada corredor se determinó la distribución actual de la flota según su tipología —autobuses y minibuses— constituyendo así el escenario base; 3. A partir del escenario base, se construyeron los escenarios futuros, disminuyendo paulatinamente la fracción de minibuses de la flota e incrementando la de autobuses, hasta alcanzar un escenario en el que la totalidad de los vehículos serían autobuses (escenario máximo o ciento por ciento autobuses). Debe notarse que para los cálculos se utilizó la capacidad de autobuses convencionales, lo cual significa que los resultados obtenidos representan, de cierta forma, un “piso” o mínimo; y 4. Para cada corredor se estimó el impacto ambiental y los beneficios en términos de generación de emisiones y ruido, y consumo de espacio y combustible para los escenarios identificados.

Emisiones

Para la estimación del cambio en emisiones contaminantes, producto de la transformación progresiva de la flota en autobuses, se utilizaron los factores de emisión que se muestran en la Tabla 1.

Los resultados obtenidos muestran reducciones considerables de las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HC) (ver Figuras 4, 5 y 6). Evidentemente, el grado de reducción de las diferentes emisiones contaminantes del aire, dependerá de la eficiencia de las tecnologías de vehículos seleccionadas.

⁴ Para la realización de las mediciones se contó con el apoyo del Grupo de Investigación Vida Urbana y Ambiente, de la Universidad Simón Bolívar, que dispone de los equipos especializados requeridos para ello. Asimismo, se contó con la asesoría de este grupo para ajustar el modelo de regresión al caso de interés.

Tabla 1. Factores de emisión por tipo de unidad (transporte de pasajeros)

Tipo de vehículo	Combustible	Factor de emisión en g/(km x vehículo)				
		CO	PM	NOx	SOx	HC
Transporte de pasajeros (<12 personas)	gasolina	53,74	0,025	3,36	0,0646	11,14
Autobús (>32 personas)	diesel	16,15	1,392	2,1	0,256	7,99

Fuente: Informe Bus Caracas (2010).

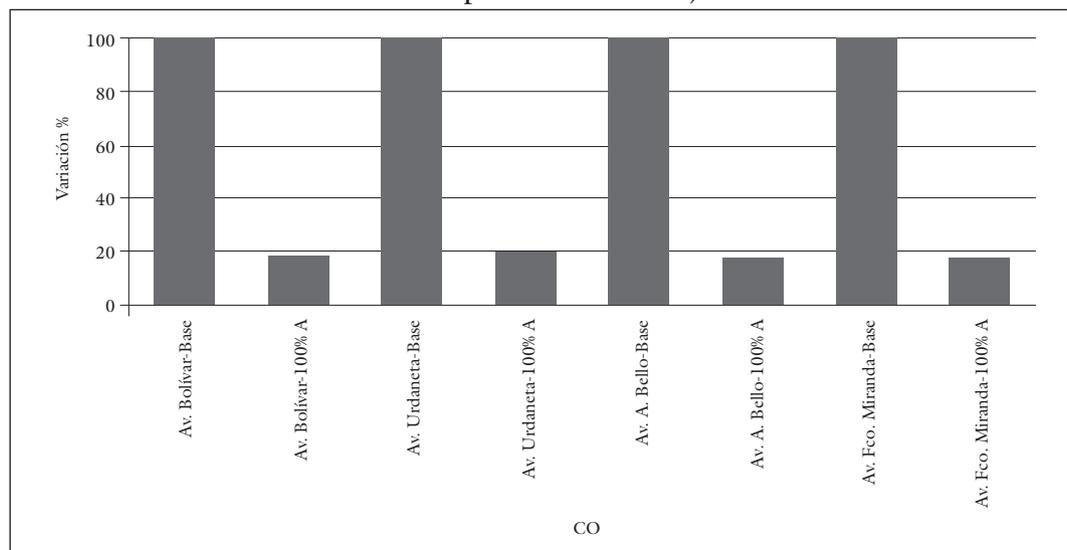
Ruido

En la estimación del nivel de ruido en los corredores se empleó un modelo de regresión para la estimación del producido por vehículos en contextos urbanos, que fue ajustado en esta investigación por medio de mediciones en corredores de transporte público.⁴

El modelo en cuestión, estima el nivel de ruido por medio de la composición del volumen de tránsito, las características geométricas de las vías, las condiciones de la superficie de rodadura, la presencia de semáforos y la existencia de superficies que reflejen el ruido (fachadas).

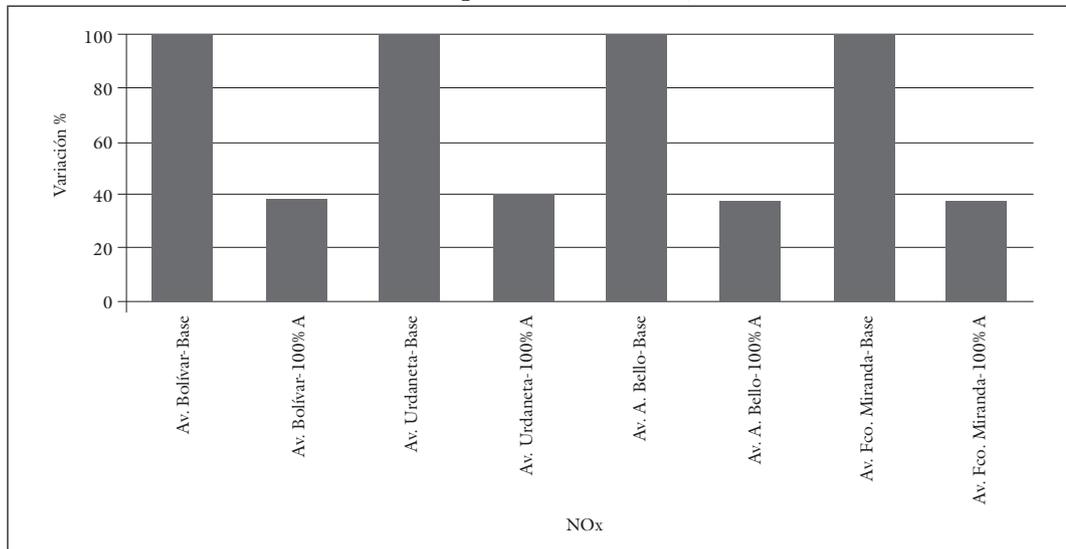
La expresión del modelo es la siguiente (Universidad Simón Bolívar y Fonacit, 2001):

Figura 4. Variación en emisiones de monóxido de carbono (CO) (escenario base frente a escenario ciento por ciento autobuses)



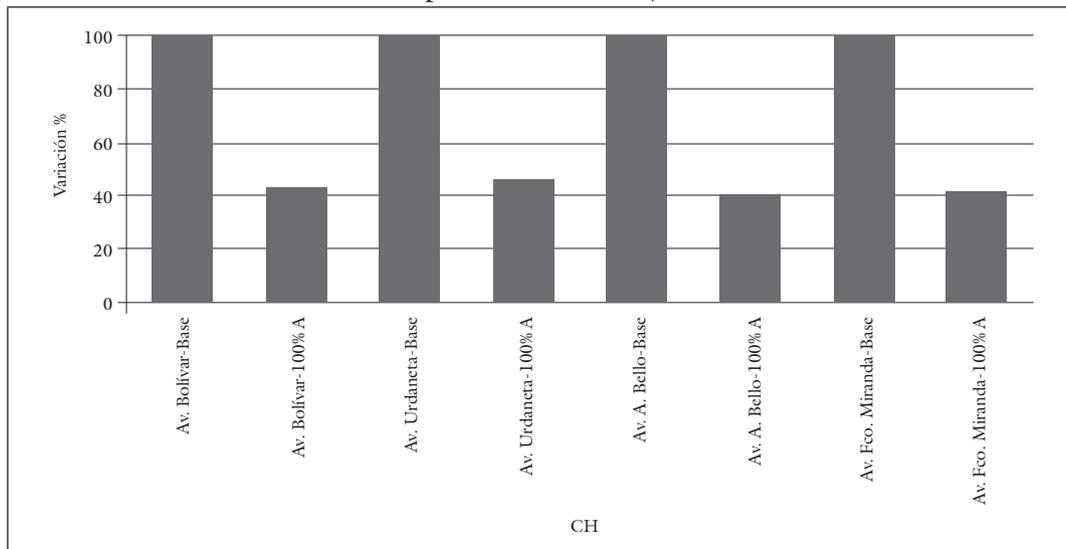
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Variación en emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) (escenario base frente a escenario ciento por ciento autobuses)



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Variación en emisiones de hidrocarburos (HC) (escenario base frente a escenario ciento por ciento autobuses)



Fuente: elaboración propia.

$$LEQ = \alpha + 10 \log (NI + \beta Nw + \gamma Nm) + 10 \log (Do/D) + Lv + Lf + Lb + Ls + Lg + Lvb \text{ donde:}$$

LEQ	=	nivel continuo equivalente en decibeles, escala "A", dB(A)
α	=	nivel de ruido promedio producido por un automóvil en dB(A)
NI	=	número de vehículos livianos/hora
Nw	=	número de vehículos pesados/hora
Nm	=	número de motos/hora
Do	=	distancia de referencia, 25 m
D	=	distancia donde se quiere conocer el nivel de ruido, o donde se midió (m), respecto a la línea media de la vía
Lv	=	factor de corrección por la velocidad media del tránsito
Lf	=	factor de corrección que toma en cuenta la presencia de una fachada, en la acera del punto de medición (valor de 2,5 si existe fachada)
Lb	=	factor de corrección que toma en cuenta la presencia de una fachada, frente a la acera del punto de medición (valor de 1,5 si existe fachada)
Ls	=	factor referido al acabado de la calzada
Lg	=	factor relacionado a la pendiente
Lvb	=	factor aplicado si existe semáforo a menos de 60 m, o si el flujo de vehículos es lento.
β	=	número de vehículos livianos que producen la misma potencia acústica que un vehículo pesado
γ	=	número de vehículos livianos que producen la misma potencia acústica que una moto

Siendo los valores de los parámetros acústicos α , β y γ , encontrados para corredores de transporte público en Caracas los siguientes:

α	=	28,56
β	=	5,88
γ	=	6,05

El coeficiente de correlación (R) del modelo es de 0,92 con una incertidumbre de ± 3 dBA. Estos coeficientes son válidos, en la ciudad de Caracas, para vías con una velocidad promedio entre 20 y 70 km/h, pudiendo ser extrapolados a vías con otras velocidades, lo cual permite alcanzar una buena aproximación.

Las estimaciones del ruido solo se realizaron para las avenidas Andrés Bello y Francisco de Miranda, por requerir los datos sobre volúmenes y su composición, información secundaria disponible solo para estas. La estimación del ruido en las avenidas Andrés Bello y Francisco de Miranda, al cambiar la composición del volumen vehicular, a consecuencia de la disminución progresiva de las unidades tipo minibús y el incremento de los autobuses (manteniendo el número de puestos) en flota de vehículos de transporte público (considerados por el modelo como vehículos pesados), pareciera no tener mayor impacto, lográndose, a lo sumo, la disminución de 1 dBA entre el escenario base y el escenario ciento por ciento autobuses; sin embargo, esto evidencia que el estado de la calzada influye en el ruido generado por el tránsito.

A pesar de los resultados obtenidos, se considera que habría un beneficio potencial adicional en términos de ruido, ya que al reducirse el número de unidades de transporte público en circulación y el espacio consumido por estas, necesariamente se incrementará la velocidad y disminuirá la congestión, lo que implicaría una mejora sustancial de las condiciones de tránsito, que haría que la comunidad estuviese expuesta al ruido generado por la congestión durante lapsos más cortos. Asimismo, de lograrse una reducción significativa de los vehículos livianos en circulación, por el cambio de usuarios de estos hacia transporte público, disminuiría de manera considerable el nivel de ruido en las vías.

Consumo de espacio

Al reducirse el número de vehículos de transporte público que circularían por los corredores, producto de la mayor capacidad de los autobuses frente a los minibuses, disminuiría el consumo de espacio ocupado por las unidades en servicio. De ese modo, en el escenario máximo —flota conformada solo por autobuses— el espacio ocupado se reduciría aproximadamente entre un 17,0% y un 20,0% en los cuatro corredores analizados (ver Figura 7).

Para el caso de la avenida Andrés Bello, cuya relación minibuses-autobuses es 62-36 (la mayor en toda la ciudad), en el escenario base los vehículos de transporte público ocupan 14.921 m², que se reducirían en el escenario ciento por ciento autobuses a 11.981 m², lo que significaría un

ahorro de espacio de 20,0%. En la avenida Urdaneta, que, entre los cuatro corredores estudiados a mayor profundidad, presenta la menor relación minibuses-autobuses (5,77), en el escenario base se ocupan 38.773 m², mientras que en el escenario máximo, 32.541 m², ahorrándose aproximadamente 17,0% del espacio vial. En las avenidas Bolívar y Francisco de Miranda, con una relación minibuses-autobuses de 11,32 y 17,65 respectivamente, el ahorro en m² del porcentaje de autobuses con respecto al escenario base es de 17,85 y 18,62.

Este beneficio estimado podría incrementarse aún más de lograrse la migración de usuarios de vehículos privados hacia el transporte público. Evidentemente, el ahorro de espacio tendría un impacto positivo tanto en el grado de congestionamiento como en la recuperación de espacios públicos.

Consumo de combustible

Las ventajas derivadas de asumir el modelo en cuanto a consumo de combustible son notables, tal como lo ilustran las estimaciones realizadas para los cuatro corredores estudiados. El consumo de combustible se calculó en litros (lt) y en bolívares (bs). Para el cálculo, se utilizaron los siguientes indicadores: para autobuses, un consumo de 0,43 lt de gasoil/km a un costo de 48 bs/lt, y para minibuses 0,38 lt de gasolina/km a un costo de 70 bs/lt. Debe aclararse que las estimaciones se realizaron para 1 km de ruta.

Como consecuencia lógica del cambio de la flota a autobuses, el consumo de ga-

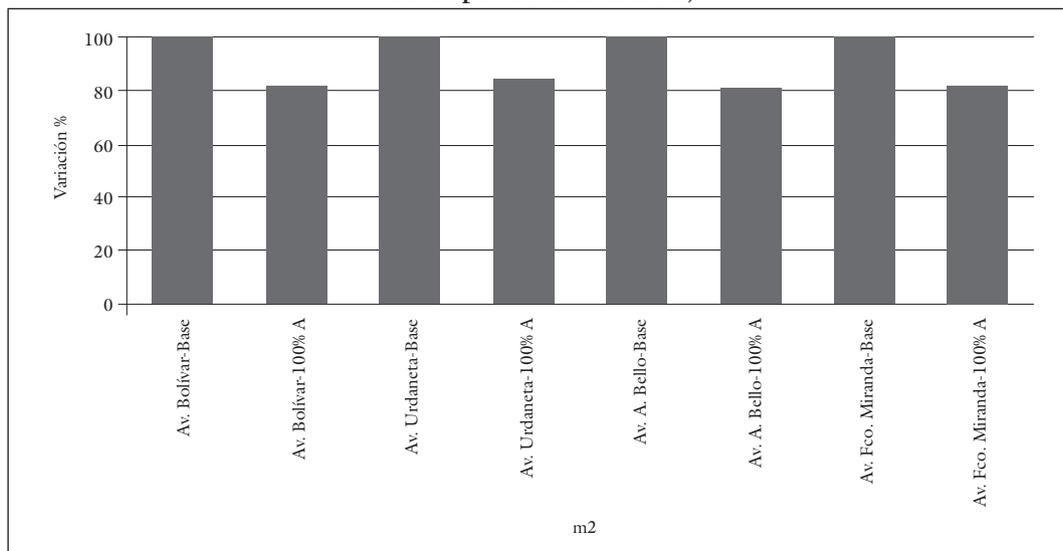
soil se incrementa, y disminuye el consumo de gasolina. Con respecto al costo actual, el ahorro en bolívares por concepto de consumo de combustible alcanza entre 51,0% y 55,0%, mientras que los bolívares por puesto ofertado se reducen en un poco más de la mitad.

En la avenida Bolívar, donde la distribución actual de la flota por tipología de vehículos es 14,0% autobús y 86,0% minibús, en el escenario máximo (ciento por ciento autobuses) se lograría un ahorro en bolívares de 54%. En la avenida Urdaneta, con una distribución de la flota autobús-minibús de 24-76, se ahorraría 51%; mientras que en las avenidas Andrés Bello y Francisco de Miranda, con distribuciones 97-3 y 9-91 respectivamente, se alcanzarían ahorros en bolívares equivalentes a 57.0% v 55.0%.

Para los cuatro corredores el ahorro en bolívares entre el escenario base y el escenario con flota ciento por ciento autobuses, en términos de costo de combustible por puesto ofertado para 1 km de ruta, pasaría de 0,64, 0,60, 0,69 y 0,66 (ver Figura 8) a 0,29 bs/puesto.

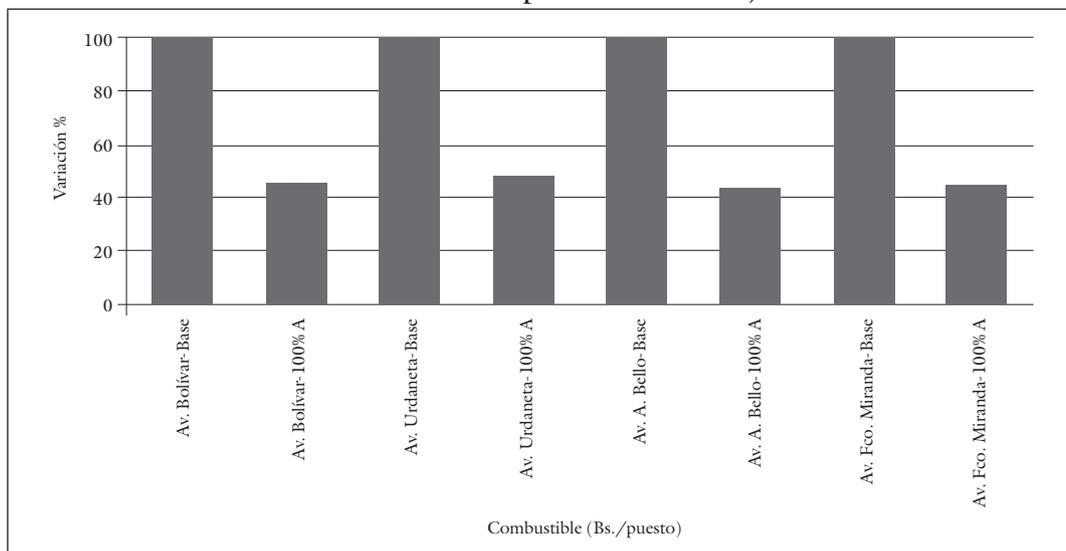
Los beneficios derivados de un cambio en el patrón de consumo de combustible, deben valorarse no solo en términos de ahorro monetario, sino también de la oportunidad para Venezuela, productor petrolero, de poner mayor cantidad de combustible en el mercado internacional —mayor precio—, y en las ventajas ambientales producto del uso del gasoil, combustible menos contaminante que la gasolina, todo lo que pudiera redundar en importantes beneficios para la sociedad v

Figura 7. Variación en consumo de espacio, m² (escenario base frente a escenario ciento por ciento autobuses)



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Variación en consumo de combustible (escenario base frente a escenario ciento por ciento autobuses)



Fuente: elaboración propia.

en mejoras sustanciales en la calidad de vida urbana.

Reflexiones finales

Es importante denotar que los beneficios estimados corresponden solo a cuatro corredores de transporte público urbano, en los que opera una flota de 4.556 vehículos, lo cual representa una fracción acotada de la flota en operación en el Distrito Metropolitano de Caracas, cercana a los 18.000 vehículos. Para la estimación del impacto solo se consideró el cambio de minibuses a gasolina por autobuses a gasoil, sin tomar en cuenta los beneficios que podrían alcanzarse debido al uso de tecnologías avanzadas de vehículos limpios como autobuses GNC (gas natural), autobuses GPL

(gas licuado), autobuses con biodisel, etc. Tampoco se consideraron los beneficios relacionados con la operación de un número menor de vehículos; no obstante, por lo grueso de las estimaciones presentadas se puede concluir, sin lugar a dudas, que la implantación de un sistema de transporte público como el propuesto traería consigo múltiples beneficios sociales y ambientales al Distrito Metropolitano de Caracas y su población. La data y los recursos disponibles no permitieron estimar la disminución de los tiempos de viaje que podría obtenerse del modelo de transporte descrito, variable relevante y de gran interés para investigaciones posteriores.

La implantación del modelo propuesto requeriría partir de un ejercicio de planificación que identifique la situación actual del

sistema de transporte: ¿qué tenemos?; y la situación deseada para este: ¿hacia dónde debemos ir?, determinándose, al mismo tiempo, los pasos necesarios para alcanzarla. Este ejercicio debe llevarse a cabo desde una visión de ciudad, definida gracias a la participación de todos los actores involucrados.

Una autoridad única de transporte urbano constituiría una mayor garantía para el logro de los objetivos y metas que se definen para el sistema. Igualmente, la creación de una autoridad única contribuirá a reducir la burocracia asociada con los procesos de gestión, a facilitar la coordinación de las actuaciones de los gobiernos locales y del Gobierno nacional, y a un mejor aprovechamiento de los recursos al haber una menor dispersión de los mismos, todo lo cual también redundaría en un cúmulo de beneficios de variada naturaleza.

Referencias

- Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas, Alcaldía de Caracas, Alcaldía de Sucre, Alcaldía de Baruta, Alcaldía de Chacao y Alcaldía de El Hatillo (2006), *Una propuesta de transporte para Caracas*, Caracas, ADMC.
- Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas y Modelística CA, (2005), *Planificación y Diseño de una Red Integrada de Transporte Público para el Área Metropolitana de Caracas, red Mayor. Fase I, Estudio de Movilidad*, Caracas, ADMC.

Alianza para erradicar la intoxicación con plomo en la niñez (1993, otoño), “El síndrome del conductor de autobús o ¿se trata acaso de intoxicación con plomo?”, en *La era urbana*, Vol. 2, No. 2, pp. 27-28.

Asamblea Nacional de la República (2001, 26 de noviembre), “Ley de Tránsito y Transporte Terrestre”, en *Gaceta Oficial*, No. 37.332, 26 de noviembre de 2001, Caracas.

Asamblea Nacional de la República (2001, 17 de octubre), “Ley Orgánica de Administración Pública”, en *Gaceta Oficial*, No. 37.305, 17 de octubre de 2001, Caracas.

Asamblea Nacional de la República (2006, 21 de abril), “Ley Orgánica del Poder Público Nacional”, en *Gaceta Oficial*, No. 38.421, 21 de abril de 2006, Caracas.

Barriga Dall’Orto S.A. y Somelca (2000a), *Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas. Estudio de Infraestructura Vial y Circulación. Informe Fase I. Inventario*, Caracas, Fontur.

Barriga Dall’Orto S.A. y Somelca (2000b), *Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas. Estudio de Infraestructura Vial y Circulación. Informe Fase II. Diagnóstico*, Caracas, Fontur.

Cabildo del Distrito Metropolitano de Caracas (2010), *Informe Investigación al Sistema Bus Caracas*, Caracas.

De la Barra, T. (2006), “Posibilidades de implantación de redes integradas de

- transporte público en ciudades de Venezuela” [conferencia], VII Jornadas-I Congreso Venezolano de Transporte y Vialidad, Caracas.
- Edwards, J. (1992), “Environmental Considerations”, en Institute of Transportation Engineers, *Transportation and Traffic Engineering Handbook*, Nueva York, Prentice Hall.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2007), “Contaminación del aire por fuentes móviles. 1996-2005”, en *Boletín*, No. 1, pp. 1-4.
- El Universal* (2010, 26 de octubre), “Aprueban Bs. 273 millones para el Metro de Caracas” [en línea], disponible en http://www.eluniversal.com/2010/10/26/ccs_ava_aprueban-bs.-273-mil_26A4653691.shtml, consultado el 14 de septiembre de 2011.
- Mundó Tejada, J. (2007), *Definición de un modelo conceptual para el sistema de transporte público del DMC* [tesis doctoral], Caracas, Universidad Central de Venezuela, Doctorado en Arquitectura.
- Organización de los Estados Americanos (OEA) (1979), “Manual Interamericano de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras” [en línea], disponible en <http://www.oas.org/juridico/spanish/tratados/c-18.html>, consultado el 12 de octubre de 2011.
- Pizarro, A. (2005), *BRT vs. LRT. Comparación de tecnologías para ejes de transporte público masivo. Diálogo regional sobre transporte urbano*, [en línea], disponible en http://www.codatu.org/francais/publications/actes/seminaires/quito05/Pizarro_05.pdf, consultado el 12 de octubre de 2011.
- Universidad Simón Bolívar y Fonacit (2001), *El ruido como perturbador de la vida en la ciudad y su inclusión en la planificación urbana*, Caracas, Fonacit-USB.
- Venezuela, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Parques (Inparques) (1995, 26 de abril), “Decreto número 638 de 1995, por el cual se decretan las normas sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica”, en *Registro Distrital*, No. 3496, 11 de octubre de 2004, Caracas.
- YVKE Mundial radio (2009, 13 de enero), “Iniciarán plan piloto para medir contaminación por ruido en Caracas” [en línea], disponible en <http://www.radiomundial.com.ve/yvke/noticia.php?17603>, consultado el 12 de octubre de 2011.

