



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT
en Ciudades con Problemas de
Congestionamiento Vial**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
presentado ante la
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: Gómez Figuera, Carmen Irene

PROFESOR GUÍA: Asenjo de Belussi, Elena

FECHA: Octubre de 2010



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	5
SINOPSIS.....	6
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Objetivo General.....	8
1.3 Objetivos Específicos.....	8
1.4 Justificación.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Definiciones Básicas.....	10
2.2 Sistemas de Transporte.....	17
2.2.1 Características de los Sistemas de Transporte.....	17
2.2.2 Clasificación de los Sistemas de Transporte	18
2.3 Sistemas de Transporte BRT (Bus Rapid Transit)	20
2.3.1 Historia, Concepto y Características	20
2.3.2 Clasificación.....	22
2.3.3 Otros Sistemas BRT	28
2.3.4 Capacidad del Sistema BRT	28
2.3.5 Velocidad del Sistema BRT.....	29
2.3.6 Longitud del Sistema BRT.....	32
2.3.7 Características de la Vía en un Sistema BRT	32
2.4 Estudios de Demanda de Transporte.....	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	39
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL ESTUDIO	41
4.1 Recopilación de la Información.....	41
4.2 Características de los Sistemas BRT	41
4.3 Definición de los Parámetros de Diseño para un Sistema BRT	48
4.4 Experiencias Internacionales de los Sistemas BRT.....	49



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

4.4.1 Experiencias en América	49
4.4.2 Experiencias en Europa	57
4.4.3 Experiencias en Asia	61
4.4.4 Experiencias en Oceanía	65
4.4.5 Experiencia en África.....	69
4.5 Sistemas BRT en Venezuela	71
4.5.1 Bus Caracas	71
4.5.2 Trolebús de Mérida	73
4.5.3 Transbarca de Barquisimeto	75
4.5.4 Transmaracay.....	77
4.6 Lineamientos de Diseño para un Sistema de Transporte Público tipo BRT	79
4.7 Evaluación de Oportunidades de Implementación de Sistemas BRT en el Área Metropolitana de Caracas.....	84
4.7.1 Posibles corredores para implementación del Sistema BRT.....	84
4.7.2 Corredor seleccionado para el análisis	86
4.7.3 Análisis de factibilidad de implementación del Sistema BRT.....	88
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA.....	100
REFERENCIAS DE IMÁGENES.....	111
Anexo: Plano General Sistema BRT Av. Baralt. Caracas, Venezuela.	



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a **Dios** y a la **Virgencita del Valle**, que nunca me abandonan, los cuales me permiten estar aquí hoy, protegiéndome y dándome valor todos los días para seguir adelante.

A mi **Mamá Nena**, quien me dio la vida, me enseñó a andar, a expresarme sin miedo a nada, me dio más que amistad y amor, comprensión y apoyo. Cuyos sacrificios han sido infinitos simplemente para verme lograr mis sueños, te digo que la vida no será lo suficientemente larga para agradecerte todo lo que has hecho por mí y que gracias a ti yo soy lo que soy. Te amo! Si, eres la Mejor Mamá de las Mamás! Nunca lo olvides!

A mi **Abuelo José**, el cual ha sido mi Papá, mi cómplice, el mejor amigo que alguien puede tener y el hombre más maravilloso que tuve el placer de conocer. Gracias por enseñarme que la paciencia es un modo de vida, que sonreír te da más años de vida, que con humildad se llega mucho más lejos y que aquel quién calla primero siempre tiene las de ganar y el mayor de los respetos.

A mi pequeña **Gran Familia Figuera**, a mi Abuela Carmen, a mis Tías-Mamás, mis Tíos-Papás, a mis Hermanas **Maye** y **Kary**, y a mis Primos-Hermanos Mayores, siempre su amor y apoyo fueron esenciales a lo largo de toda mi vida y por supuesto de la carrera. No hay palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí.

A mi **Universidad Católica Andrés Bello**, mi Alma Mater, la cual me brindó la oportunidad y el honor de ser una Ucabista de corazón para toda la vida, el mejor título que pude obtener.

A mis **Profesores** que me enseñaron que el mundo de la Ingeniería es algo Maravilloso si se logra ver con detenimiento y atención, a pesar de algunas torturas necesarias que propiciaron en el camino; En especial a **Mi Tutora**, la **Profe Elena**, cuya calidad tanto académica como humana son a mi parecer insuperables y maravillosas, la cual me ha apoyado sin medida siempre con el mejor humor y cariño que siempre la ha caracterizado. Gracias por su sabiduría, tiempo, disposición y de muchas cosas más.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Al **Ing. Javier Guilarte**, **Ing. Julio Azara** y **Urb. Gonzalo Tovar** quienes me recibieron con mucho cariño en sus oficinas y me brindaron sus conocimientos, valioso material para la realización de este trabajo.

A mis **Amigas** y **Amigos**, en especial a la que aunque el cansancio era grandísimo pudo leer mis capítulos y darme más que su opinión sin importar la molestia en su cuello; las que me acompañaron desde a una entrevista hasta recorrer la Baralt de punta a punta siempre con una sonrisa y mejor disposición; la que me enseñó a hacer una bibliografía luego de una jornada larga de trabajo y siempre me decía “traaanqui”; las que internacionalmente me daban todo su apoyo a través de un mail; la que siempre terminaba conmigo por un chocolate en Ohlala porque el nivel de estrés me estaba matando; las que me decían: “¿Qué te falta?, ¿Cómo te ayudo? o ¿Cómo vas? cada vez que aparecía por un medio; las que buscaron información de cosas que ni entendían, pero las buscaron con cariño; y a todos los que siempre me decían por cualquier medio: “Claro que puedes y te va a ir bien, ya verás” o el simple “TQM” que tanto hace falta. Y por supuesto a mi **Mamá Lupe** que siempre estuvo apoyándome en todo momento.

¡Gracias, nunca estuve sola!

DEDICATORIA

A los garantes de mis sueños y protectores de mi vida, quienes creen en mí y rejuvenecen mis ánimos de ser mejor día a día, llevándome a convertirme en uno de esos seres que nacen para cambiar un horizonte por un vertical.



SINOPSIS

Debido al acelerado incremento del número de vehículos en circulación en las grandes áreas urbanas, en las últimas décadas, se ha generado el colapso de las redes viales, ocasionando altos índices de congestionamiento, lo cual perjudica directamente el desarrollo social y económico de sus habitantes, además de generar un alto grado de contaminación ambiental y consumo irracional de energía.

Numerosas ciudades alrededor del mundo han sufrido esta crisis de movilidad, siendo esto un tema que ha generado largas discusiones a fin de encontrar una solución favorable a esta problemática. Hoy en día, después de numerosos estudios, planes, programas y proyectos, se ha llevado a cabo en estas ciudades una nueva experiencia que ha logrado un manejo más eficiente del problema, mediante la implementación de redes integradas de transporte público, que conforman sistemas conocidos como “Bus Rapid Transit” (BRT).

Nuestras principales ciudades, en especial la ciudad capital, no está exenta de este problema que azota a los grandes centros urbanos del mundo, sin embargo, los esfuerzos por buscar una solución favorable han sido escasos y poco coherentes, y particularmente han carecido de una visión sistémica.

La necesidad de buscar soluciones eficientes para el mejoramiento del transporte público en los principales centros urbanos de nuestro país, ha motivado la presente investigación, enfocada en dar a conocer este tipo de sistemas de transporte público que ha sido ejemplo de una buena planificación y desarrollo positivo a nivel mundial.

El presente trabajo, persigue además de manera simplificada, establecer los lineamientos básicos a tomar en cuenta para el desarrollo de este tipo de sistemas, sin perder de vista que estas soluciones no pueden verse en forma aislada, sino formando parte de un compendio de medidas que se deben adoptar para la solución de la crisis de transporte público actual.

Finalmente, a modo de ejemplo práctico, se presenta un análisis de factibilidad de implementación de un sistema BRT, en un corredor de la ciudad de Caracas.



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

“Nada se hace hasta que todo el mundo está convencido de que debe hacerse, y ha estado tan convencido de ello durante tanto tiempo que ahora es el momento de hacer algo diferente”

Francis McDonalds Cornford.
Filósofo y Poeta Inglés.

1.1 Introducción

Debido al crecimiento poblacional, la deficiencia del sistema transporte público y la gran cantidad de vehículos de uso particular en circulación, muchas ciudades del planeta presentan graves problemas de congestionamiento en diversos corredores viales, siendo la infraestructura disponible insuficiente para atender la demanda vehicular. Requiriendo en estos casos soluciones de transporte que en un plazo relativamente corto y con inversiones moderadas, contribuyan a mejorar la movilidad.



Congestionamiento Vehicular en
Caracas, Venezuela

En la últimas dos décadas, en algunas ciudades del mundo se han puesto en operación sistemas de transporte masivo denominados BRT (Bus Rapid Transit), este sistema involucra una serie de elementos tales como: autobuses expresos de alta capacidad, vías y canales exclusivos provistos principalmente de una infraestructura que garantiza rapidez, calidad y eficiencia superior a otros sistemas de autobuses usados, proporcionando así una estructura vial que permite alcanzar una gran capacidad de movilización de pasajeros de manera segura, rápida y conveniente. Este sistema ha sido implementado en diversos países latinoamericanos especialmente Brasil y Colombia, así como en otras partes del mundo como China, India, España, Estados Unidos, Canadá y México, obteniendo resultados favorables para sus usuarios.

El sistema en cuestión ofrece flexibilidad respecto a las demandas de tráfico ya que no interfiere de manera directa con el tráfico urbano de la ciudad donde es implementado. Su buen desarrollo logra cubrir las necesidades de la comunidad, usando una tecnología accesible, de alta calidad, para la movilización de un gran número de pasajeros, incentivando el uso del



transporte público, generando así la disminución progresiva del problema de congestión.

1.2 Objetivo General

Evaluación del uso de Sistemas de Transporte BRT (Bus Rapid Transit) en ciudades con problemas de congestión vehicular y evaluación de la factibilidad de implementación en corredores viales de el Área Metropolitana de Caracas.

1.3 Objetivos Específicos

- Definir los parámetros que condicionan el diseño de los sistemas BRT.
- Evaluar el uso de sistemas de transporte BRT a nivel internacional.
- Reseñar las experiencias con los Sistemas BRT en Venezuela.
- Evaluar este sistema de transporte para su implementación en corredores viales pertenecientes a la Gran Caracas.
- Análisis de oportunidades de implementación de Sistemas BRT en el Área Metropolitana de Caracas tomando en cuenta el espacio disponible para su desarrollo eficaz y conveniente
- Dar a conocer las ventajas de este sistema de transporte como solución al problema de congestión en una ciudad cuya demanda de usuarios de transporte público es alta.

1.4 Justificación

Actualmente, la congestión vehicular se ha incrementando a tal punto que afecta grandes extensiones de la red vial; la duración de estos estados de congestión es tal, que más que horas pico, ya se está generalizando el concepto de períodos pico. Esta situación genera la pérdida de miles de horas productivas en movilización, además de afectar el ritmo de vida de los habitantes de la ciudad, irregularidades en la prestación de servicios comerciales, aumento del costo en actividades de abastecimiento y la



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

contaminación causada por vehículos detenidos o que circulan a bajas velocidades. Adicionalmente, el exceso de vehículos particulares utilizados para la movilización, produce una reducción considerable del espacio físico urbano, ocupado por estos vehículos cuando no están en uso, lo cual podría ser utilizado para fines productivos de la sociedad.

Otro aspecto negativo de la congestión, es el consumo de energía, el cual viene relacionado con el uso masivo de vehículos para la movilización de la población de un sitio a otro, así como el aumento en la ocurrencia de accidentes de tránsito.

Todas estas razones, sirvieron de motivación para el presente trabajo de tesis, el cual está orientado a la búsqueda de soluciones para optimizar la movilización de los ciudadanos que hacen vida en una ciudad, cumpliendo con los siguientes objetivos: racionalizar el uso del espacio urbano, disminuir el consumo de energía, reducir los niveles de contaminación y reducir los accidentes, brindándole a los habitantes un mejor estilo de vida, accesible, confiable y seguro.

La generación de un sistema de transporte colectivo de calidad y eficiente se convierte en un fundamento vital para alcanzar la movilidad sostenible ofreciendo un modo seguro de transporte que le brinde la posibilidad de llegar a cualquier sitio de la ciudad y traiga como consecuencia el acceso a oportunidades de empleos y servicios.

Finalmente, el transporte público es la matriz que rige el comportamiento de toda sociedad, convirtiéndose este en el medio más eficiente ya que logra ocupar menos espacio, consume menos energía, reduce los niveles de contaminación y genera una reducción de los accidentes, brindándole a los habitantes un mejor estilo de vida, accesible, confiable y seguro. La generación de un sistema de transporte colectivo de calidad y eficiente se convierte en un fundamento vital para alcanzar la movilidad sostenible.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

“El conocimiento es la mejor inversión que se puede hacer”

Abraham Lincoln
Décimosexto Presidente de los Estados Unidos

2.1 Definiciones Básicas

A lo largo de la investigación se irán mencionando una serie de conceptos relacionados al tema, en tal sentido se presenta a continuación sus definiciones a fin de satisfacer los casos que posiblemente dichos conceptos resulten novedosos para el lector.

ACERA: es aquella parte de la vía urbana destinada para el tránsito peatonal exclusivamente.

AMBIENTE: es todo el entorno que logra afectar a los seres vivos y logra condicionar sus circunstancias de vida tanto de las personas como de la sociedad.

ANÁLISIS DE TRÁNSITO: es aquel análisis cuantitativo actual de un tránsito dentro de un sistema de calles, carreteras o red de transporte.

AUTOBUSES: los autobuses son aquellos vehículos terrestres y automotores diseñados exclusivamente para el traslado de personas, el cual puede ser urbano o interurbano y cuya capacidad oscila entre diez (10) a sesenta (60) pasajeros por unidad.

AUTOBUSES DE GRAN CAPACIDAD: son aquellos autobuses cuya capacidad es mayor de ciento veinte (120) pasajeros y pueden ser articulados o biarticulados.

AUTOPISTA: es aquella vía arterial expresa de tránsito rápido, la cual posee control total en sus accesos y sin intersecciones.

AVENIDA: es aquella vía de gran longitud y alta densidad de tránsito, la cual posee control en sus intersecciones, separadores y por lo general dispone de calles laterales de servicio.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

BIFURCACIÓN: es la división existente en una vía en ramales, de los cuales cuando uno se separa del mismo se aparta de la dirección primitiva.

BROCAL: es el borde de concreto, asfalto, piedra u otro material cuya función es delimitar la calzada o plataforma de la vía, puede ser parte de la cuneta o se utiliza como señalización.

CALLE: es la vía urbana de tránsito público, que sirve predominantemente de acceso a usos laterales.

CALLE AUXILIAR LATERAL: es aquella auxiliar a la vía principal paralela a ella, la cual limita el acceso a la vía principal.

CALZADA: es aquella zona de la vía que pertenece a la superficie de rodamiento y está destinada a la circulación de los vehículos.

CANAL DE TRÁNSITO: es aquella parte de la calzada que está destinada únicamente al tránsito de vehículos los cuales se disponen en una fila.

CANALIZACIÓN: es la separación del tránsito en áreas conflictivas, mediante líneas pintadas, bordillos, islas, tachón etc., cuyo objetivo es la regulación del tránsito.

CAPACIDAD DE DISEÑO: es el máximo número de vehículos que pueden pasar por un canal durante una hora bajo determinadas condiciones de la vía y del tránsito.

CAPACIDAD DE TRÁNSITO: es el máximo número de vehículos que se espera que pase por una determinada sección de vía o canal, en una dirección o ambas, durante un determinado período de tiempo.

CAPACIDAD EN CONDICIONES IDEALES: es el número de vehículos de pasajeros que pueden pasar por un canal, en condiciones ideales de tránsito y calzada, durante una hora.

CONGESTIÓN DE TRÁNSITO: es la obstrucción del tránsito en una vía debido al exceso de vehículos en la misma.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

CONTEOS DE TRÁNSITO: es la obtención de los datos estadísticos del tránsito para una determinada vía, intersección o sector.

CONTROL DE ACCESO: es aquella disposición que regula la autoridad pública para condicionar las entradas y salidas de una vía.

CONTROL DE TRÁNSITO: es la acción de organizar, orientar y fiscalizar el tránsito bajo unas determinadas normas.

CORREDOR VIAL: es aquella vía de cierta importancia dentro de la trama vial de una ciudad.

CRUCE: es cuando dos ejes de la vía se interceptan en un punto común y puede ser a nivel o desnivel.

CUNETAS: es aquella zanja construida en el borde de la calzada cuya función es recolectar y evacuar las aguas superficiales.

CUÑA: es el ensanchamiento de un canal de tránsito donde logra existir una bifurcación o empalme.

DENSIDAD: la densidad se puede definir como el número de vehículos que cubre una determinada longitud de los canales a tránsito continuo en un determinado momento, por lo general se expresa en vehículos por unidad de kilómetros.

DEMANDA: la demanda es la cantidad de usuarios que desean movilizarse de un lugar a otro lugar bajo condiciones determinadas de la infraestructura y operación. Por lo general los estudios de demanda se hacen en las horas pico donde el número de pasajeros es máximo para así garantizar el funcionamiento del sistema en todo momento.

DERECHO DE VÍA: es aquella franja del terreno destinada exclusivamente a la vía, mantenimiento, seguridad y servicios auxiliares.

DESVÍO: es aquel reemplazo temporal que se hace de una vía principal para evitar un obstáculo.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

DISEÑO: es el proceso que se lleva a cabo desde la concepción de la idea hasta la implementación física o prototipo.

DISPOSITIVO DE TRÁNSITO: es aquel conjunto de calzadas y rampas cuyo objetivo es permitir el paso de una o varias vías a otras.

DIVISORIA: es el área ubicada entre los canales de tránsito que sirve para encauzar el tránsito o también para el tránsito de los peatones.

ESTACIONES: las estaciones son aquellas estructuras donde un sistema de transporte determinado inicia, termina o sencillamente cambia de modo. Dentro de sus principales funciones se pueden nombrar: carga, descarga y transferencia de pasajeros, concentración de pasajeros, venta de boletos, asignación de vehículos según la necesidad y mantenimiento y almacenamiento de los mismos.

ESTIMACIÓN DE TRÁNSITO: es la apreciación que se hace de un volumen de tránsito determinado.

FLUJO DE TRÁNSITO: es el movimiento de vehículos que se desplazan en un tiempo determinado en un determinado canal o vía.

HORA PICO: es la correspondiente al máximo número de vehículos que pasan o desean pasar por una determinada sección de vía o canal a lo largo de una hora.

INTERSECCIÓN: es aquella superficie común entre dos o más ejes de una vía la cual facilita el tránsito y puede incluir la calzada y áreas adyacentes.

MANTENIMIENTO: es aquel conjunto de acciones necesarias para que una determinada vía, estructura o sistema se mantenga en buenas condiciones de servicio.

MATERIAL RODANTE: es el conjunto de vehículos con o sin motor que logran desplazarse de un sitio a otro.

METROS: son aquellos ferrocarriles metropolitanos de transporte masivo de pasajeros que logran unir diversas zonas de una determinada ciudad y se



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

caracterizan por su gran capacidad, frecuencia e independencia respecto a otros sistemas de transporte

MODOS GUIADOS: son Modos de transporte, donde el material rodante se desplaza encauzado por rieles o guías. Dentro de los modos guiados, tenemos los trenes, metros y teleféricos.

MODOS NO GUIADOS: son Modos de transporte, donde el material rodante se desplaza libremente sin encauzarse por rieles o guías. En los modos no guiados se pueden mencionar taxis, autobuses, aviones y barcos.

NIVEL DE SERVICIO: es una medida calificativa de la efectividad que puede tener un servicio determinado que esté relacionado con el volumen de tránsito en una zona determinada. Se cataloga desde A (flujo irrestricto) hasta F (flujo congestionado).

OFERTA: es la cantidad máxima de vehículos o pasajeros que pueden movilizarse para una determinada característica de la infraestructura y la operación del sistema de transporte.

OPERADORES: los operadores de un sistema de transporte son los responsables de poner el servicio en funcionamiento según el tipo de administrador que posea.

SECCIÓN TRANSVERSAL: es aquel perfil transversal al eje de la vía que define tanto las características del terreno como las dimensiones transversales de la vía.

SEÑAL DE TRÁNSITO: son aquellos dispositivos que se colocan a lo largo de una vía para establecer el orden fijo de la misma, en la cual se utilizan palabras o símbolos determinados.

SISTEMAS DE TRANSPORTE: es aquella serie de medios de transporte que actúan de manera conjunta para trasladar una gran cantidad de personas en un lapso corto de tiempo.

TACHÓN: es aquel dispositivo que se utiliza pegado sobre el pavimento como delimitación del tránsito, tienen poca altura y pueden ser trasmontables o no.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

TAXIS: son aquellos vehículos de alquiler con un conductor cuya finalidad es el traslado del pasajero, el cual contrata el servicio, a trayectos por lo general cortos o medios dentro de las ciudades.

TELEFÉRICO: son sistemas de transporte que utilizan cabinas suspendidas con uno o varios cables de tracción cuya función fundamental es salvar las diferencias de altitud en una determinada zona debido a la topografía existente.

TIEMPO DE VIAJE: es aquel que es empleado en un determinado recorrido, el cual incluye las paradas y demoras.

TRÁNSITO: son todos aquellos peatones y vehículos de cualquier tipo, aislados o en conjunto, que se movilizan por una vía.

TRÁNSITO DE CONTRAFLUJO: es aquel cuya circulación es contraria a la permitida por la autoridad local, pero se utiliza como medida de control de tránsito en vías congestionadas durante un período determinado para satisfacer la demanda.

TRANSPORTE: el transporte se define como lo concerniente a dar movilización a las personas o bienes de un sitio a otro mediante un modo con un propósito determinado; como tal este no posee una única finalidad se transforma en una actividad que logra dar un servicio a un determinado usuario.

TRANSPORTE PÚBLICO: es aquel servicio que se logra prestar de manera regular mediante vehículos de pasajeros, dentro de las ciudades y/o áreas metropolitanas sobre la base de una tarifa. Los sistemas de transporte público se pueden clasificar en modos guiados y modos no guiados.

TRANSPORTE TERRESTRE: es aquel que se desarrolla en tierra firme.

TRANSPORTE URBANO: es aquel tipo de transporte que se desarrolla dentro de las áreas urbanas.

TRANSPORTISTA: es aquella persona que se dedica al negocio de trasladar personas o bienes.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

TRENES: son aquellos sistemas que están conformados por una locomotora y vagones que están arrastrados por ellas, los cuales pueden transportar tanto bienes como personas.

TROLEBÚS: es aquel vehículo urbano, provisto de neumáticos cuya propulsión es a través de una corriente suministrada por un cable aéreo.

USUARIO: es el individuo que utiliza un determinado servicio.

VEHÍCULOS: estos son los artefactos de libre operación que permiten la movilización de los pasajeros hasta 9 pasajeros y/o bienes.

VELOCIDAD: es aquel movimiento que realiza un vehículo determinado expresado en una unidad de longitud relacionado con la variable tiempo. Por lo general se expresa en kilómetros por hora.

VÍA: es todo aquel lugar en donde se permite el tránsito de vehículos. Las vías urbanas según su funcionamiento se dividen en: expresas, arteriales, colectoras y locales.

VÍA ARTERIAL: son aquellas vías que tiene como función principal la continuidad del tránsito y las cuales sirven de conexión directa con las vías expresas; estas son controladas mediante señalizaciones y controles de tránsito y no dan acceso a todos los usos adyacentes.

VÍA COLECTORA: son aquellas vías cuya función es recolectar el tránsito de las vías locales y cuyo objetivo es conducirlos a la vía arterial. Proporcionan unas facilidades mayores de acceso a los laterales que las arteriales.

VÍA EXPRESA: son aquellas vías que presentan múltiples canales, las cuales están divididas mediante un separador central, se caracterizan por un flujo vehicular alto a velocidades altas, teniendo total control de acceso.

VÍA LOCAL: son aquellas vías de tránsito local cuya función es brindar acceso directo a áreas confinadas, como las residenciales y colectoras.

VOLUMEN DE SERVICIO: es aquel número máximo de vehículos que pueden pasar por un tramo de la vía, en un lapso determinado de tiempo y para un nivel de servicio determinado.



VOLUMÉN DE TRÁNSITO: es el número de vehículos que pasan por una sección de vía o canal durante un tiempo determinado.

VOLUMÉN EN LA HORA PICO: es el volumen máximo de vehículos que pasa o desean pasar por una sección determinada en la hora pico.

2.2 Sistemas de Transporte

2.2.1 Características de los Sistemas de Transporte

La capacidad del transporte está íntimamente relacionada con la actividad productiva de un país, siendo un factor determinante en el nivel de desarrollo económico del mismo. La calidad de vida de una ciudad depende en gran medida de la rapidez y la eficiencia con las que estos servicios permiten las interacciones en las actividades humanas, que diariamente se llevan a cabo dentro de una zona geográfica determinada.



Congestión en Transporte Público

Una de las características principales de todo medio de transporte es que debe ser eficaz, al más bajo costo y en el menor tiempo posible; para ello se debe contar con una buena infraestructura y la tecnología necesaria que permita el desarrollo del mismo a lo largo del tiempo. Sin embargo, en las últimas décadas los sistemas de transporte público han generado grandes impactos negativos en la población, por ejemplo: altos consumos de energía, congestionamiento en las vías, contaminación sónica, atmosférica y estética, y accidentes, lo que ha ocasionado la idea de que los sistemas de transporte son una seria amenaza a la calidad de vida de los habitantes. Por ello se ha visto la necesidad de establecer ciertos principios que ayuden a la mejora de este sistema en las grandes redes urbanas, tales como:

-Establecer un sistema de transporte que permita que la gente tenga un acceso seguro a todas sus actividades.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

- Promover la planificación del transporte para un desarrollo económico óptimo para el país.
- Proteger, mejorar y establecer restricciones que ayuden a disminuir el impacto ambiental del sistema dentro de las ciudades.
- Crear infraestructuras con base en tecnologías modernas que ayuden al desarrollo económico.
- Reducir los tiempos de viajes presentando al pasajero un sistema seguro y eficaz para su preferencia.
- Dar prioridad a aquellos sitios que más lo necesiten, para ello se debe planificar según un estudio de origen-destino y escogencia apropiada del modo.
- Permitir la participación de la gente en el desarrollo de mecanismos que ayuden a establecer un sistema de transporte eficiente mediante la planificación del proceso.

Es por ello que, para elegir el sistema de transporte adecuado para una zona, se debe analizar la influencia del congestionamiento en la vida diaria de los usuarios, niveles altos de contaminación, tanto acústica como ambiental, y el acceso del mismo a los sectores más pobres de la sociedad

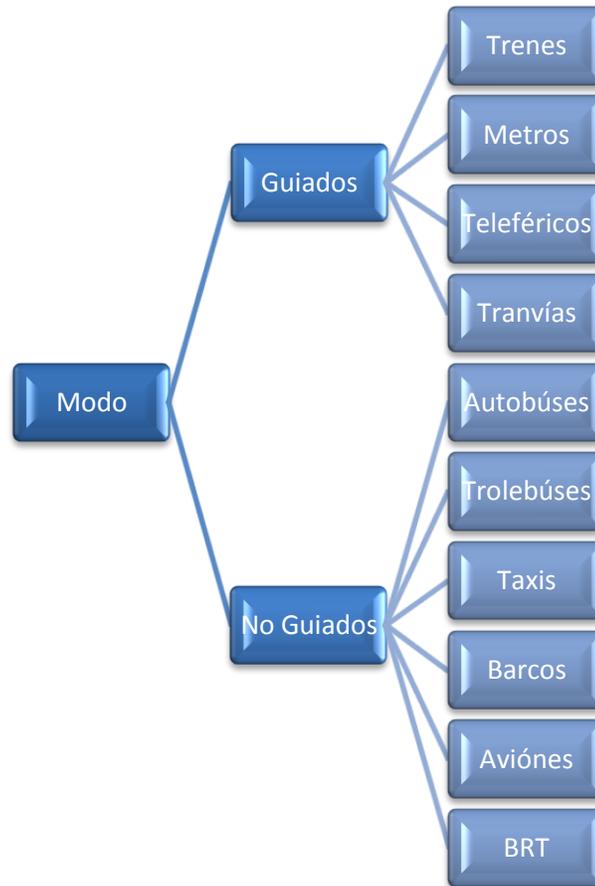
2.2.2 Clasificación de los Sistemas de Transporte

La topografía o determinados condicionamientos naturales pueden determinar el tipo de sistema de transporte necesario para una determinada región; así como también el alcance que se le quiera dar al sistema, desde el punto de origen hasta el destino deseado. Otro condicionamiento es la distribución de la población en el territorio, la localización de centros de interés, como industrias, fuentes de energía y materias primas; estas variables influyen directamente en la distribución y modos de la red de transporte y conexiones que se desean dar.

De manera general, los sistemas de transporte público se dividen de la siguiente manera, según el modo en que se operan:



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial



Modos de Transporte Público

En el transporte terrestre se puede evidenciar la existencia de modos tanto guiados como no guiados, conformados por todos aquellos vehículos que circulen directamente en tierra firme, así pues, pueden existir redes de caminos, carreteras y ferroviarias. El más importante en la actualidad es el desarrollado en caminos y carreteras, debido al crecimiento acelerado de vehículos tanto públicos como privados. Esto se debe a la flexibilidad que presenta, que se restringe a una ruta fija como las presentadas en el ferrocarril, en ellos se permite que la interconexión entre diversos ejes con los cuales se logre llegar a cualquier lugar dentro de un mismo continente. A pesar de los elevados costos de construcción, mantenimiento y congestión generada por el aumento progresivo del flujo vehicular, este tipo de sistema es el más utilizado a nivel mundial.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

El transporte aéreo se relaciona directamente como un medio de modo no guiado, el cual tiene su origen en el siglo XX; debido a los avances tecnológicos han producido aviones de mejor calidad, más rápidos, óptimos y seguros que permiten darle un uso tanto privado como público. Este sistema permite las conexiones a nivel intercontinental, el cual ha promovido el desarrollo social, económico, turístico y cultural de todas las naciones.

Otro medio que logra clasificarse dentro del no guiado es el desarrollado a nivel acuático, tanto fluvial como marítimo. A pesar de ser uno de los primeros en desarrollarse y cuya capacidad es mayor que cualquier otro desarrollado presenta una decadencia debido a la velocidad empleada en su funcionamiento, en especial atención a grandes distancias, pero a pesar de esto, son sistemas que cuentan con una amplia gama de redes en todo el mundo, lo que permite tener acceso directo a los continentes.

2.3 Sistemas de Transporte BRT (Bus Rapid Transit)

2.3.1 Historia, Concepto y Características

El origen del sistema BRT se le atribuye a la ciudad de Chicago en Estados Unidos, a partir del año 1938, en el cual se dispusieron vías existentes de ferrocarriles para la implementación de uso exclusivo para autobuses; a partir de su éxito varias ciudades de los Estados Unidos establecieron este sistema para aminorar las congestiones vehiculares que se presentaban en sus corredores. Sin embargo, no fue sino hasta los años 60 que se establecieron la exclusividad de una vía para el transporte público con el uso de autobuses; así fue como diversas ciudades a nivel internacional desde París hasta Lima, comenzaron a implementar este sistema. A partir del año 1974, en la ciudad de Curitiba, en Brasil, se tomaron en cuenta muchas características del transporte ferroviario de alta calidad para establecer los principales conceptos para su implementación, con ello comienza el desarrollo moderno del sistema de transporte BRT.



BRT de la Ciudad de Quito, Ecuador



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Durante los años 90 se ha desarrollado un sistema de transporte masivo denominado BRT (Bus Rapid Transit), el cual ha sido implementado en cuarenta y dos (42) ciudades de los cinco (5) continentes y ha logrado la movilización de grandes volúmenes de pasajeros complementando otros sistemas establecidos, como metros subterráneos y ferrocarriles; así mismo, en relación a los costos de implementación y operación, este sistema resulta más económico que el transporte sobre rieles, de igual forma, el tiempo de implementación y puesta en marcha del sistema es mucho menor. Este tipo de transporte tiene como objetivo el transporte masivo de personas de forma jerarquizada e integrada tarifariamente, enfocado en el ámbito local para lograr el acceso de cualquier persona.

El concepto de BRT (Bus Rapid Transit) es un sistema de transporte público de alta calidad, que utiliza autobuses de gran capacidad para la movilización de usuarios de manera eficiente, rápida y confiable con una relación muy favorable entre el costo y beneficio. Este concepto integra en un sistema moderno, las características del transporte de tren ligero y metro, con una fracción del costo de los mismos, a pesar de que en su operación y servicio tienda a ser comparado con los sistemas férreos de transporte. El sistema BRT está enfocado en ofrecer un sistema de autobuses de gran capacidad independientes del tráfico de cualquier ciudad.

El sistema BRT ha sido aplicado en muchas ciudades del mundo, siendo Brasil, América del Norte y Europa sus pioneros, para buscar las mejoras en el transporte público masivo y evitar en gran medida los inconvenientes ocasionados por la congestión del tráfico vehicular. Este objetivo, de lograr movilizar a grandes grupos de personas en un tiempo de recorrido corto y a un precio accesible, ha sido alcanzado en grandes ciudades, como en el caso de Bogotá, Quito, New York, Paris y Londres por ejemplo.



Prototipo de autobuses Nova Volvo para BRT en U.S.A

Se puede afirmar que el sistema BRT logra integrar canales exclusivos de movilización, establecimiento de estaciones que conecten a otros modos de transporte disponible en la ciudad, brindar un servicio eficiente al usuario, tarifas únicas de bajo costo, organización mediante el sistema de control en ruta y establecimiento de la tecnología para brindar un mejor servicio; estas



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

características logran definir el tipo de sistema que requiera una determinada ciudad con base a su disponibilidad de espacio y tecnología que pueda brindar; sin embargo, para que un sistema de transporte masivo sea exitoso, este debe cubrir las necesidades de los pasajeros para así generar confianza y seguridad, desde el acceso a las estaciones y autobuses hasta la salida satisfactoria del sistema.

Para establecer un sistema de transporte de alta calidad se debe tomar en cuenta las investigaciones a nivel cultural, demográfico, topográfico, estructuras existentes, capital disponible para su construcción y ejecución y el grado de interés político para su desarrollo. Claro está, el establecimiento de un sistema de transporte público no busca sólo la movilización de las personas de un sitio a otro, sino crear, al mismo tiempo, satisfacción y seguridad para el usuario, así como también ayudar al desarrollo de la misma ciudad.

El éxito de este BRT se basa primordialmente en los siguientes puntos:

1. Establecimiento de vías exclusivas
2. Autobuses modernos de gran capacidad.
3. Tecnología amigable con el ambiente
4. Exclusividad de la empresa operadora.
5. Disminución del tiempo de viaje.
6. Establecimiento de estaciones de transferencia.
7. Control en el mantenimiento.
8. Control de las Operaciones.
9. Recolección de tarifa centralizado
10. Sistemas prepagos
11. Acceso controlado de paradas
12. Sistemas de Información al usuario.
13. Recuperación del espacio público.
14. Sistemas de Seguridad avanzados.



Sistema BRT de Beijing, China.

2.3.2 Clasificación

Actualmente, debido a la amplia gama de sistemas que se están operando y la diversidad de características que pueden definir un determinado sistema BRT, se puede clasificar de manera general en dos grandes grupos: *Sistema BRT Exclusivo* y *Sistema BRT Mixto*.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

El Sistema BRT Exclusivo se define como aquel semejante al sistema metro en cuanto a eficiencia y calidad de servicio, el cual puede tener una red integrada de corredores y vías exclusivas para el sistema en conjunto con estaciones de alta calidad, con unidades modernas, frecuencia y rapidez en el servicio y ofreciendo la posibilidad de que el usuario cancele el servicio antes de abordar la unidad, así se garantiza un servicio óptimo y superior al pasajero. Actualmente, por ejemplo, ciudades latinoamericanas como Bogotá (Colombia) y Curitiba (Brasil) ofrecen este tipo de sistema BRT.

El Sistema BRT Mixto, está limitado al espacio disponible, por lo general con corredores no segregados, gran tecnología en unidades y estaciones de alta calidad, donde los tiempos de frecuencia son moderados respecto al sistema completo pero de mejor calidad que los ofrecidos por un transporte público tradicional. Dentro de esta clasificación se encuentra, como ejemplo, el sistema BRT implementado en Estocolmo, el cual debido al limitado ancho de la vía no posee un canal exclusivo y está sujeto a las condiciones del tránsito local presentes durante su operación.

Basándonos en lo ideal, un sistema BRT Exclusivo es aquel que ofrece exclusividad de canales en una vía, con lo cual se logra que dichos vehículos no interfieran con el tránsito de los vehículos particulares, pueden movilizarse con una velocidad media superior para alcanzar reducción en el tiempo de viaje, así mismo permitiendo el establecimiento de las estaciones de fácil acceso para los usuarios.

En las tablas siguientes se establece un resumen a nivel continental de los sistemas de transporte BRT en operación, en construcción y en planificación.

Tabla 1. Sistemas BRT en Operación.

Continente	País	Ciudad
Europa	Reino Unido	Bradford
		Crawley
		Leeds
		Edinburgh
		Coventry
		Runcorn
	Alemania	Essen
	Países Bajos	Amsterdam
		Eindhoven



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

		Utrecht	
		Almere	
		Schiphol	
	<i>Francia</i>	Caen	
		Lyon	
		Nancy	
		Nice	
		Nantes	
		Paris	
		Rouen	
		Toulouse	
		Reims	
		Douai	
	Herví		
<i>Finlandia</i>	Helsinki		
<i>Suecia</i>	Goteborg		
	Estocolmo		
América	<i>Canadá</i>	Ottawa	
		Brampton	
		Calgary	
		Halifax	
		Montreal	
		Quebec	
		Saint John	
		Toronto	
		Vancouver	
		Waterloo Region	
		York Region	
		<i>Estados Unidos</i>	Seattle
			Los Ángeles
	Eugene		
	Orlando		
	Boston		
	Honolulu		
	Pittsburgh		
	Miami		
	Stockton		
	Santa Mónica		
	San José		
	San Gabriel Valley		
	Salt Lake City		
	Reno		
	San Diego		
	Philadelphia		
	Providence		
	Atlanta		
	Kansas		
Albuquerque			
Baltimore			
Las Vegas			
El Paso			



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

		Everett
		New York
		North Bay
		Houston
		Oakland
		Orange
		Phoenix
	<i>Colombia</i>	Bogotá
		Pereira
		Cali
	<i>Brasil</i>	Campinas
		Curitiba
		Sao Paulo
		Goiania
		Porto Alegre
Manaus		
Aracaju		
<i>Ecuador</i>	Quito	
	Guayaquil	
<i>Chile</i>	Santiago	
	Concepción	
<i>Guatemala</i>	Ciudad de Guatemala	
<i>México</i>	León	
	México D.F	
	Guadalajara	
<i>Venezuela</i>	Mérida	
Asia	<i>China</i>	Beijing
		Hangzhou
		Kunming
		Chongquin
	<i>India</i>	Pune
		Delhi
		Ahmedabad
		Indore
		Goa
	<i>Mumbai</i>	Mumbai
<i>Indonesia</i>	Jakarta	
<i>Japón</i>	Nagoya	
<i>Corea del Sur</i>	Seúl	
Oceanía	<i>Australia</i>	Brinbane
		Sidney
		Adelaide
		Perth
	<i>Melbourne</i>	Melbourne
<i>Nueva Zelanda</i>	Auckland	
África	<i>Nigeria</i>	Lagos

Tabla N° 1. Fuente: Institute for Transportation & Development Policy



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Tabla 2. Sistemas BRT en Proceso de Construcción.

Continente	País	Ciudad
Europa	<i>Italia</i>	Bologna
	<i>Francia</i>	Clermont-Ferrand
		Evry-Sénart
		Douai
		Reims
	<i>Alemania</i>	Hamburg
	<i>Reino Unido</i>	Bath
Gosport		
América	<i>Estados Unidos</i>	Cleveland
	<i>Venezuela</i>	Barquisimeto
		Caracas
	<i>Brasil</i>	Rio de Janeiro
		Belo Horizonte
		Salvador
		Brasilia
		Underlandia
	<i>Colombia</i>	Cartagena
		Barranquilla
		Medellin
Bucaramanga		
<i>Perú</i>	Lima	
	Arequipa	
Asia	<i>China</i>	Jinan
		Xi'an
		Xiamen
		Dalian
Oceanía	<i>Australia</i>	Canberra
África	<i>Tanzania</i>	Dar es Salaam

Tabla N° 2. Fuente: Institute for Transportation & Development Policy

Tabla 3. Sistemas BRT en Proceso de Planificación.

Continente	País	Ciudad
América	<i>Canadá</i>	Gatineau
		Mississauga
		Winnipeg
	<i>Estados Unidos</i>	Albany
		Denver
		Fort Collins
		Hartford
		Minneapolis
		St. Louis Missouri
		San Antonio
		Tampa
		Richmond



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

	<i>Venezuela</i>	Maracay
		Ciudad Guayana
		San Cristóbal
Europa	<i>España</i>	Barcelona
	<i>Reino Unido</i>	Coventry Sheffield
Asia	<i>Taiwán</i>	Kaohsiung
		Taoyuan
		Chiayi
		Taichung
		Tainan
	<i>China</i>	Chengdu
		Wuhan
		Wuxi
		Shangai
		Chongqing
		Guangzhou
		Shenyang
		Shenzhen
	<i>India</i>	Ahmedabad
		Indore
		Jaipur
		Bangalore
		Chennai
		Coimbatore
		Madurai
		Nagpur
		Vijayawada
		Visakhpatham
	<i>Tailandia</i>	Bangkok
		Chiang Mai
		Khon Kaen
	<i>Sri Lanka</i>	Colombo
	<i>Israel</i>	Haifa
		Jerusalén
	<i>Vietnam</i>	Ho Chi Minh
Hanoi		
<i>Irán</i>	Tehran	
<i>Indonesia</i>	Surakarta	
	Surabaya	
	Medan	
África	<i>Sudáfrica</i>	Ciudad del Cabo
		Johannesburgo
		Port Elizabeth
		Pretoria
	<i>Ghana</i>	Accra
<i>Senegal</i>	Dakar	

Tabla N° 3. Fuente: Institute for Transportation & Development Policy



2.3.3 Otros Sistemas BRT

No obstante, según las necesidades y disposición de cada ciudad, se ha desarrollado un sistema BRT alternativo el cual no ajusta el sistema a canales segregados, sino que presta atención al acondicionamiento y mejora de las unidades de transporte y tiene el resto de las características que definen a un sistema BRT propiamente dicho. Esto se debe a la limitante de espacio en las vías obligando a este sistema a operar en canales mixtos. Por no cumplir con el requerimiento principal de canales exclusivos, se le cataloga como un servicio de mejora a las unidades de autobuses existentes en la ciudad; esto se evidencia en la mayoría de los países desarrollados los cuales han incorporado características tipo BRT a sus sistemas de líneas de transporte público.

Diseñar un sistema BRT que cumpla con las características ideales y logre satisfacer a la demanda se fundamenta en brindar la eficiencia, capacidad y velocidad requeridas por el usuario, esto es lo que determina que un sistema BRT sea competitivo ante un vehículo particular, incluso ante otro tipo de transporte público existente.

2.3.4 Capacidad del Sistema BRT

La capacidad del sistema debe ser suficiente para cubrir la demanda de pasajeros actual y futura de la ciudad. Esta puede ser limitada según el número de unidades y el espacio requerido para las estaciones y canales segregados que requiera el sistema. La capacidad, en ciudades donde exista una alta demanda de pasajeros, es el factor más importante para su establecimiento y es, en consecuencia, el parámetro que permite que el sistema BRT implantado sea eficaz y de calidad, logrando así cubrir su objetivo principal.



BRT de Sao Paulo, Brasil

No obstante, el establecimiento de autobuses de gran capacidad no es la solución más idónea en aquellas ciudades donde el índice de demanda es relativamente bajo. Por lo tanto, se debe definir el sistema según las necesidades y disposición del lugar. En tal sentido, el establecimiento de canales exclusivos en corredores de baja demanda significaría una pérdida



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

cuantiosa de capital ocasionando que el sistema no sea el apropiado. El sistema BRT funciona adaptándose a las necesidades que establezca el lugar donde se quiera implementar.

Para su correcta planificación, el sistema BRT debe enfocarse en los estudios demográficos y topográficos, incluso estableciendo su proyección a un tiempo mínimo de veinte (20) años, claro está, tomando en cuenta el desarrollo de la población y la rapidez en su crecimiento con el pasar de los años. Como parámetro general se puede establecer que los sistemas BRT son muy eficientes manejando demandas entre diez mil (10.000) y veinte mil (20.000) pasajeros/hora en la hora pico, en el sentido más cargado.

La capacidad que tenga el sistema es una relación entre la cantidad de vehículos y la demanda existente de usuarios para un determinado período de tiempo; un estudio de demanda se basa en la premisa de que todas las unidades operan a su máxima capacidad, con ello se puede cubrir todos los inconvenientes que se puedan presentar y garantizar el no congestionamiento del mismo. Se consideran más rentables aquellos sistemas que posean una alta capacidad de usuarios por unidad.

2.3.5 Velocidad del Sistema BRT

Las velocidades del sistema se basan en el número de usuarios por hora y por sentido que deba movilizar, así como también de la capacidad de las unidades. Por lo general, las velocidades de viaje de las unidades se logran establecer con base a experiencias de otros países cuyo sistema ya ha sido implementado; estas pueden oscilar desde 10Km/h hasta 30Km/h según su libertad de funcionamiento, no es lo mismo un sistema de canales segregados a un sistema que opere en canales mixtos, en estos últimos las velocidades de operación tienden a ser menores.



Sistema BRT en Jakarta, Indonesia

Aunque el establecimiento de las velocidades de movilización no son captadas por el usuario, estas son de mayor importancia a la hora de determinar las condiciones operacionales y por lo tanto afecta el costo del sistema en su construcción. Una de las preocupaciones fundamentales del



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

usuario, y terminante en el momento de definir si el sistema es óptimo o no, es el tiempo de frecuencia entre las unidades de una parada a otra. Por lo cual, tanto la velocidad como la capacidad del sistema es lo que fundamenta el éxito de este sistema.

Si los tiempos de espera son muy altos junto a una demanda elevada, traerá como consecuencia un congestionamiento en las estaciones, mientras que los tiempos de espera tienden a ser bajos con frecuencias más altas. Por lo tanto, se recomienda que los tiempos de espera oscilen entre sesenta (60) y noventa (90) segundos según la cantidad de pasajeros; esto también está condicionado a la cantidad de estaciones existentes en la vía, las cuales deben garantizar que, de acuerdo a la frecuencia de paso de las unidades establecidas, puedan ofrecer la suficiente capacidad durante el tiempo de espera requerido para el usuario. Por otra parte, cabe destacar que con el transcurso de los años, a medida que aumenta la demanda, deberán incluirse más unidades al sistema, con lo cual el tiempo de espera se acortará progresivamente.

Los tiempos de viaje en el sistema se ven afectados directamente por varios factores, entre los cuales se pueden citar:

1. La cantidad de pasajeros en la hora pico. Se estudia con base a la condición más desfavorable en la que se desarrollaría el sistema, para así, garantizar su funcionamiento para la situación de máxima demanda.
2. La longitud y capacidad de la unidad de transporte. El establecimiento de la tecnología en las unidades es de suma importancia, si estas brindan confort y poseen la estructura ideal para los usuarios pueden garantizar además de la capacidad del sistema la conformidad y preferencia de los usuarios
3. La distancia recorrida por el usuario entre la estación y la unidad. El diseño óptimo de las estaciones es fundamental, ante todo se debe generar un clima de comodidad el cual le transmita al usuario seguridad para la utilización y preferencia del sistema.
4. Las características de todos los componentes de acceso al sistema: puertas, escaleras, accesos directos, entre otros, deben ser capaces de garantizar un tránsito cómodo de cualquier usuario, incluyendo a personas de trato preferencial, como lo son los inválidos, mujeres embarazadas y personas de la tercera edad.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

5. La forma en la que se opere la unidad; esto afecta al usuario cuando el conductor acelera o frena de manera frecuente durante el recorrido, por ende, la capacitación del conductor es fundamental para el buen desarrollo del sistema

Los tiempos de parada de un sistema BRT pueden ser similares a los que ofrece un sistema de metro, con tiempos de parada de veinte (20) a treinta (30) segundos; no obstante, este tiempo varía según la cantidad de pasajeros existentes en cada parada, desde cinco (5) segundos hasta un (1) minuto según el caso. En el diseño de un sistema BRT se puede lograr disminuir el tiempo de parada en las estaciones aumentando la frecuencia de las unidades de acuerdo a las necesidades.

El objetivo principal de todo sistema BRT es reducir los tiempos de recorrido, paradas e intersecciones, aumentando así la velocidad del sistema. Otro aspecto fundamental es la disposición de la vía, esta afecta los tiempo de operación en el sistema, como se dijo anteriormente los sistemas BRT pueden ser exclusivos en la vía o mixtos compartidos con el tráfico vehicular, definiéndose así un servicio de mayor velocidad en aquellos canales exclusivos para la movilización de los autobuses.

Si se toman en cuenta las intersecciones que interfieran directamente en el servicio, la reducción de las mismas, aumenta la eficiencia del sistema, por ello el estudio y optimización de la vialidad del entorno es fundamental para el desarrollo del sistema. Sin embargo, no todas las ciudades cuentan con las disposiciones ideales de vía o



Sistema BRT de Delhi, India

diversas opciones para la elección de aquella que permita la condición ideal, por lo tanto se pueden establecer prioridad del sistema ante los semáforos, esto se logra mediante la disposición de canales adicionales en las intersecciones de uso exclusivo para la unidad.

Otra opción, es el control de los tiempos de carga y descarga de pasajeros en las diferentes paradas. Se debe tomar en cuenta varios factores



para el estudio: tiempo de abrir y cerrar puertas, carga y descarga y tiempo de frenado y aceleración de la unidad. Este control dependerá del tipo de unidad a utilizar, por lo tanto a la hora de elegir la flota de autobuses para el sistema, es importante estudiar a profundidad las características que tengan los mismos y si cubren las expectativas en los tiempos estimados de operación. Si se disponen de unidades con puertas de acceso a ambos lados, se puede cargar y descargar la unidad al mismo tiempo; de disponer unidades con puertas en un solo lado de acceso, la mejor opción es que estas tengan cuatro (4) puertas, y destinar dos (2) para el embarque y dos (2) para el desembarque.

2.3.6 Longitud del Sistema BRT

La topografía de la zona en la cual se va a implementar el sistema y la sección transversal de la vía, pueden condicionar la longitud en la cual se puede desarrollar el sistema. No obstante, este parámetro no suele ser una variable determinante en el momento de establecer si se puede o no aplicar el sistema, incluso los diversos sistemas BRT establecidos a nivel mundial, presentan longitudes diferentes, adaptándose a la disponibilidad de la zona, características de la población y necesidades a cubrir para la ciudad.

2.3.7 Características de la Vía en un Sistema BRT

Los sistemas BRT pueden disponerse según las características de las vías que se encuentre en la ciudad. Se pueden encontrar las siguientes disposiciones, por lo general:

- Canal situado en el medio de una calzada de ambos sentidos.
- Canal situado en los laterales de la calzada

Generalmente, cuando el canal está situado en el medio de la calzada, suele tener intersecciones amplias y, a veces, se encuentran plataformas y canales adicionales para los giros. Esta disposición puede crear conflicto en los giros al interferir con el tránsito vehicular, lo cual puede solventarse con señalizaciones o semáforos que impidan el conflicto. Se debe tomar en cuenta el cruce de peatones en las zonas habilitadas para tal efecto, colocando señales o barreras que eviten los cruces en sitios inadecuados.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial



Planificación de la Calle Juan B, Buenos Aires, Argentina. Cortesía de ITDP

Ahora bien, si la disposición del sistema es en un canal destinado lateralmente en la calzada, el principal problema radica en los giros a la derecha, por lo tanto la separación de la calzada debe ser amplia para permitirle al conductor mayor visibilidad. En este caso se debe tener cuidado con las intersecciones de los peatones con las paradas, así como también los sitios de estacionamiento y diversos vehículos motorizados que se presenten a lo largo del sistema. Nuevamente, una correcta señalización del sistema puede evitar grandes inconvenientes.



Planificación de la Calle Humboldt Bay Region. Estados Unidos

2.4 Estudios de Demanda de Transporte

El estudio de demanda de un sistema de transporte se refiere fundamentalmente a la disposición de los pasajeros de utilizar un determinado servicio. Esta demanda está sujeta a varios factores, como el ingreso medio que tenga la población así como también la tarifa estipulada para el pasaje en un determinado viaje. En el caso de transporte público, la demanda se considera como derivada, es decir, depende de una serie de variables, cada una con sus determinadas características.

Por lo general, la demanda de transporte orienta la selección del sistema a utilizar, siendo ésta medida con varios parámetros como: Pasajeros, Pasajeros por kilómetro, Pasajeros por kilómetro por tiempo. Con ello se logra establecer cuál opción de transporte se adapta mejor a los usuarios, tomando en cuenta sus necesidades y disposiciones.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

En líneas generales se puede seleccionar el modo de transporte más conveniente, de acuerdo al tamaño de la ciudad, según el siguiente cuadro comparativo:

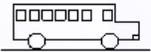
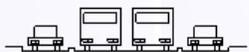
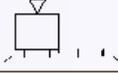
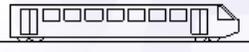
Descripción	Esquema	Tecnología	A partir de (tamaño ciudad)	Rango de capacidad pasajeros por dirección
Peatones			10.000 h	*
Cabinas motorizadas		Carros Privados		*
		Taxis	20.000 h	
Cabinas motorizadas comunes (onibus)		Transporte publico por autobuses tranvias	30.000 h	1.000 a 10.000
Ampliacion de Vias		Avenidas	100.000 h	*
		Autopistas	500.000 h *	*
Sistemas de Transporte Masivo Urbano		Buses con vias exclusivas	800.000 h *	1.- Vía: 9.000 2.- Vías: 35.000
		Metros Ligeros	300.000 h *	8.000
		Metros Pesados	1.500.000 h *	30 - 60.000
		Tren de Cercanias	3.000.000 h *	10 - 20.000

Fig. Ref. Presentación del Grupo AM “Movilidad. Desarrollo de la Infraestructura”

*La unidad en la que se representa el tamaño de la ciudad corresponde al número de habitantes.

En principio los sistemas de transporte se planifican para que la demanda sea cubierta por la oferta, la cual representa la cantidad de servicio que se desea ofrecer a una tarifa determinada, para así lograr la movilización de los usuarios de un sitio de origen a un destino, esto, en términos prácticos, representa la cantidad de autobuses por kilómetro que deben disponerse en una determinada ruta.

Para la determinación de los viajes se realiza una fragmentación de la ciudad en zonas, en las cuales se estudia cómo serán los movimientos entre ellas y esto genera una *matriz de origen y destino*. Se tienen zonas atractoras y zonas generadoras de viajes; las *zonas generadoras* son aquellas de donde parte el viajero, como por ejemplo las zonas residenciales, y las *zonas*



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

atractoras son aquellas que reciben al viajero de manera constante o en un determinado período de tiempo, como por ejemplo las zonas de actividades comerciales, educacionales etc. Al clasificar las diversas zonas de una ciudad se puede estimar un modelo de funcionamiento de la misma. Cada viaje, depende de las actividades que va a realizar el usuario y cuáles son los modos utilizados para realizarlo.

La demanda depende de diversos factores, entre ellos podemos destacar: los usos del entorno; el precio, que por lo general es inversamente proporcional a la cantidad de viajes; los *precios de las diferentes opciones de transporte disponibles*; el *ingreso de los pasajeros*, el nivel socioeconómico del usuario determina las posibilidades de viajes que puede realizar y la frecuencia de los mismos; *velocidad del servicio*, se refiere al tiempo que los usuarios dispongan para el traslado; *calidad del servicio*, es la variable que permite al usuario la preferencia del servicio; y *seguridad*, es quizás uno de los factores de mayor importancia dentro de un sistema de transporte, depende tanto de los usuarios como de las autoridades que provean el servicio, y el cual puede garantizar, el éxito del sistema.

La demanda puede variar de manera imprevista o aleatoria, no obstante esta demanda depende de las actividades socioeconómicas del área, por lo tanto se puede establecer, a nivel de estudio, que usualmente ésta presenta un comportamiento cíclico más o menos estable. De igual forma se toma en cuenta las variaciones de la misma durante una semana, ya que normalmente tiende a bajar los domingos y crece de manera rápida los lunes, además de las variaciones según el sentido en que se realiza el viaje dentro de la ciudad.

Al tener todas las variables relacionadas a los movimientos de los pasajeros, estas se disponen en un determinado software, el cual simula el comportamiento y suministra la información necesaria para determinar la cantidad de unidades a disponer, las rutas que presenten problemas de congestión, así como también los tiempos estipulados para los viajes y paradas de cada uno de los autobuses. Uno de los factores principales a considerar en estos modelos es la variación de la demanda a lo largo del tiempo, la cual dependerá de las tasa de crecimiento de la población y de los desarrollos que se prevean en el sector. Los modelos de estimación pueden ser mediante tendencia lineal, geométrica, exponencial o curva de Goempertz y logística.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

En la tendencia lineal se asume que el crecimiento de la demanda se presentará de forma constante; la tendencia geométrica sigue un comportamiento similar a modelos de crecimiento constante con interés compuesto; la tendencia exponencial, es la más realista ya que se caracteriza por tener un gran dinamismo de crecimiento no constante; así mismo, la curva de Goempertz, presenta un comportamiento en forma de “S” inclinada hacia adelante, indica que presenta un crecimiento lento en un principio, luego una fase de gran crecimiento seguido de una fase de saturación y menor tasa de crecimiento; y la curva logística, similar a la anterior, pero de comportamiento más suave y por lo tanto de estructura matemática diferente.

Luego de este proceso, se toman en cuenta variables morfológicas de la ciudad, tipología de las viviendas, estado de conservación de las vías, características ambientales de la zona, entre otros. Por último, se simula la situación actual y futura, mediante modelos de comportamiento capaces de asignar los viajes en los corredores ideales para el buen funcionamiento del sistema.

Los modelos de comportamiento de los viajes, son capaces de establecer la generación, distribución, asignación de ruta y selección modal más conveniente para la demanda presentada, incluso a futuro, en una determinada ciudad. Se toma en cuenta primero la generación de los viajes, cuántos entran y cuántos salen de una zona, después se logra simular la distribución de cada viaje, es decir, dando a conocer los destinos probables y, finalmente, se logra simular el recorrido dentro de la red que pueda ser económicamente más rentable.

Desde el punto de vista de los sistemas de transporte público, los estudios de demanda, son un insumo fundamental para el diseño operativo de los mismos: definición de la capacidad de las unidades de transporte, dimensionamiento de la flota, diseño de las estaciones y determinación de frecuencias entre otros factores. Para proceder a este diseño operativo, se pueden establecer algunos parámetros, que pueden variar de un sistema a otro, pero en líneas generales para los sistemas BRT, a modo de referencia, se pueden adoptar los siguientes:

- El tiempo de llegada y salida de los pasajeros y autobuses a las estaciones son uniformes.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

- La densidad máxima en las estaciones será de tres (3) personas por metro cuadrado para los usuarios que están esperando el vehículo.
- Se supone una tasa promedio de dos mil (2000) peatones por hora por metro para los usuarios que circulan.
- Los tiempos de abordaje y descenso de pasajeros serán de 0,3 segundos y 0,2 segundos por usuario.
- El tiempo de maniobra de una unidad de autobús será de quince (15) segundos.
- La frecuencia de los autobuses se calcula con base a la demanda en el tramo crítico, indicado en el modelo de demanda.

Se puede, así mismo, establecer que un sistema BRT puede manejar con eficiencia, en la hora pico, una demanda entre de 10.000 a 20.000 pasajeros/hora, en el sentido más cargado, ya que por lo general la hora pico no ocurre simultáneamente en ambos sentidos de la vía; cuando la demanda sobrepasa estos valores, sería conveniente pensar en sistemas de mayor capacidad.



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

“El hombre es sabio no en proporción de su experiencia, sino de su capacidad para experimentar”

George Bernard Shaw
Escritor Irlandés ganador del Premio Nobel de Literatura en 1925

El enfoque del trabajo presentado es teórico; se desarrolló mediante la recopilación de informaciones obtenidas a través de medios electrónicos, bibliotecas e institutos especializados; así mismo, se realizaron entrevistas a expertos en el área de vialidad y transporte público, para la obtención de sus impresiones y experiencias de dichos sistemas de transporte masivo.

La información recopilada correspondió a experiencias tanto internacionales como nacionales y su evaluación permitió desarrollar una serie de lineamientos para su aplicación en la planificación de este tipo de sistemas, así como evaluar la factibilidad de su implementación como solución a los problemas de movilidad de la ciudad de Caracas.

Finalmente, se analizó la factibilidad de implementación de este sistema de transporte en la ciudad de Caracas tomando como ejemplo un corredor determinado, definiendo sus características físicas y operativas, y estableciendo así las recomendaciones que sean adecuadas para su aplicación como ejemplo de solución al problema de congestionamiento vehicular, para su desarrollo en otras ciudades del país que presenten esta problemática



CRONOGRAMA ESTABLECIDO PARA LA METODOLOGÍA

		May-10	Jun-10	Jul-10	Ago-10	Sep-10	Oct-10
I.- Recopilación de Información							
	Recolección de Información						
II.- Marco Teórico							
	Evaluación de la Información Recopilada						
III.-Desarrollo del TEG							
	Evaluación de Experiencias Internacionales						
	Entrevistas a Expertos						
	Lineamientos para la implementación de un Sistema de Transporte Público tipo BRT						
IV.- Aplicación a la Gran Caracas	Evaluación de Implementación del Sistema en un corredor del Área Metropolitana de Caracas						
	Definición de características Físicas y Operativas						
V.- Aspectos Finales							
	Conclusiones y Recomendaciones						
	Presentación del trabajo Final						



CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL ESTUDIO

“Todos los pozos profundos viven con lentitud sus experiencias: tienen que esperar largo tiempo hasta saber qué fue lo que cayó en su profundidad.”

Friedrich Wilhelm Nietzsche
Filósofo, Poeta, Músico y Filólogo Alemán.

4.1 Recopilación de la Información

La recopilación de información para el presente estudio se obtuvo mediante referencias bibliográficas especializadas en el área de Transporte Público y en Sistemas BRT, las cuales fueron obtenidas mediante la base de datos disponible en el Centro de Documentación de FONTUR, además de documentos disponibles en la web, páginas web exclusivas del sistema BRT y presentaciones diversas de seminarios y congresos realizados a nivel mundial.

Así mismo, se realizaron entrevistas a expertos en el área del transporte público urbano, como la empresa ALG, el Grupo AM y Somelca, los cuales han tomado participación en diversos proyectos tanto a nivel nacional como el Trolebús de Mérida, Bus Caracas, Trasmaraçay así como a nivel internacional, el Sistema BRT de Guatemala, Bogotá y México.

La información correspondiente al corredor seleccionado del Área Metropolitana de Caracas se obtuvo mediante visitas a campo e información obtenida del estudio realizado para la vialidad principal del área Metropolitana de Caracas por Badallsa-Somelca en el año 2000.

4.2 Características de los Sistemas BRT

- **Establecimiento de vías exclusivas.**

Por lo general, la pérdida de tiempo en los recorridos del transporte público se debe a que los mismos no cuentan con libertad de tránsito, viéndose influenciados por el resto de los vehículos y dependiendo directamente de las condiciones que los mismo tengan en la vía. El sistema BRT logra reducir considerablemente estos tiempos de viaje significativamente, logrando ofrecer un servicio óptimo, exclusivo y seguro para el usuario.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

El uso de vías arteriales como exclusivas para la implementación del sistema ha sido de preferencia fundamental en Europa, Asia, Australia y América, esto implica un estricto control óptico, tecnológico y mecánico de las operaciones del Sistema BRT, con lo cual el sistema resulta funcional evidenciándose en varios corredores cuyos problemas de congestión resultaban de gran importancia.

- **Autobuses modernos de gran capacidad.**

Para su buen desarrollo, es necesario que el sistema cuente con una flota de autobuses de gran calidad y alta capacidad debido a que el transporte de pasajeros es masivo y se debe brindar al usuario la comodidad necesaria para que este sistema sea aceptado y demuestre su efectividad para la comunidad. Por lo general a nivel mundial, esta capacidad oscila desde 160 pasajeros hasta 280 pasajeros por unidad.



BRT en Leeds, Reino unido

- **Tecnología amigable con el ambiente.**

Con el transcurso de los años los sistemas de transporte han ido evolucionando de la mano con la tecnología de sus mecanismos, con lo cual se han reducido considerablemente las emisiones y ruidos, los cuales habían generado altos grados de contaminación.

Al ofrecer un sistema de transporte cómodo y seguro, se garantiza que el usuario pueda prescindir del uso de su vehículo particular, disminuyendo así las emisiones generadas por los motores de los mismos. Así mismo, los sistemas BRT garantizan para cualquier país el cumplimiento con el Protocolo de Kioto.



- **Exclusividad de empresa.**

Uno de los objetivos de este sistema es erradicar la competencia entre las líneas de autobuses, lo cual ha generado una inestabilidad y desorden en las vías de alto tráfico, estableciendo un solo operador del sistema. Esto obliga al establecimiento de una sola arteria vial exclusiva para el desarrollo del sistema.

El uso de la estrategia de marketing ofrece un atractivo que enaltece el sistema; contar con un nombre comercial, logo característico y colores vistosos hace que el sistema BRT llegue de manera agradable al usuario, esto se evidencia con mayor énfasis en el continente Americano. Especialmente en el contexto del desarrollo turístico de las ciudades, la implementación del BRT logra que la reforma y diversas regulaciones de la industria de autobuses desarrollen de forma sencilla un servicio exclusivo para los ciudadanos y turistas para su reconocimiento a nivel mundial.

- **Reducción del tiempo de viaje.**

Una de las características de gran influencia de los Sistemas BRT es el tiempo de viaje el cual en comparación con los sistemas de autobuses convencionales es relativamente menor. La percepción del servicio dependerá de la percepción del tiempo por los usuarios.

El tiempo de viaje puede depender de muchos factores, pero en su mayoría los que presentan mayor interés de estudio están relacionados con la ingeniería. En este sentido, el ancho de las calles, las distancias entre las paradas, el tiempo de parada en las estaciones junto con las facilidades de abordaje y desembarque y las intersecciones de la vía, definirán el tiempo de viaje durante la operación y si este logra brindar al usuario el servicio esperado. Así pues, es recomendable que la infraestructura de las estaciones sea amplia, cómoda, se establezcan preferencia del autobús en las intersecciones y que el tiempo de abordaje y desembarque sea sencillo y rápido.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

- **Establecimiento de estaciones de transferencia.**

Para el buen funcionamiento es necesaria la implementación de estaciones de transferencia para las diversas líneas, las cuales tratarán de cubrir grandes extensiones de la ciudad y así garantizar el rápido acceso de los diferentes usuarios al sistema desde cualquier punto de la ciudad. De igual forma, las conexiones con otros medios de transporte, como por ejemplo metros subterráneos, permite el eficiente intercambio modal del sistema, generando una integración entre corredores y rutas de toda la ciudad, necesarios para el buen funcionamiento del mismo y satisfacción del usuario.

El diseño de las estaciones es característico de la zona en la cual se establezca el sistema. Según en donde sea implementado y el tipo de sistema, estas estaciones pueden encontrarse como acceso directo a la unidad o con acceso cerrado, semejante a las presentadas en los sistemas de metros o ferrocarriles. El uso vías exclusivas es común en la mayoría de los sistemas BRT a nivel internacional, lo que facilita una elaboración más sofisticada de sus estaciones. En Latinoamérica se prefiere las estaciones que logren encerrar el sistema como un todo.

- **Control en el mantenimiento.**

Uno de los grandes factores que garantiza el buen funcionamiento de un determinado sistema es el mantenimiento de sus unidades, sitios de paradas, transferencias y terminales, así como también de las estaciones que conforman el sistema, a fin de ofrecer un servicio óptimo para los usuarios y preservar la calidad del mismo en el tiempo.



BRT de Ciudad de Guatemala, Guatemala

- **Control de las Operaciones.**

Tener centralizadas las diversas operaciones del sistema permite tener en tiempo real el movimiento de pasajeros y autobuses en las diferentes



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

paradas, para así establecer, según la demanda establecida, el número de unidades adecuadas para la movilización de estas personas y así garantizar un servicio eficiente. De igual forma, se logra la coordinación de los conductores y responder a cualquier situación de emergencia que se presente a lo largo del sistema.

La utilización de la tecnología GPS, en los sistemas implantados por ejemplo en los Estados Unidos, ha permitido controlar y distribuir las flotas de autobuses de manera eficiente, garantizando así un servicio de óptima calidad para el usuario. Esta tecnología permite controlar: los retrasos del sistema, tiempos de avance, de viaje y paradas de las unidades así como también la posición exacta en la ruta y poder garantizar la llegada a las estaciones con mayor precisión.

- **Recolección de tarifa centralizada.**

Una eficiente recolección de tarifas permite un control del costo asociado al servicio y así elimina la responsabilidad del conductor y la necesidad de luchar contra otras unidades de transporte en modo de competencia ya que se elimina el incentivo económico propio. Con ello se establece un sueldo base para el conductor con lo cual se puede realizar compensaciones que ayuden a incentivar al mismo a prestar un mejor servicio.

Alternativamente, se ofrecen varias opciones para el cobro del pasaje, desde la adquisición de tickets, los cuales pueden variar según el recorrido que realizará el usuario, y que se pueden obtener en la propia unidad, a través de taquillas o máquinas dispensadoras especializadas, como se puede ver en Australia; así como también el establecimiento de tarjetas inteligentes, como se evidencia en Colombia y China.

- **Sistema pre-pagado.**

De la mano con la tecnología, se pueden establecer tarjetas inteligentes donde el usuario no dependa de un pago en efectivo en la unidad; con ello se mejora el tiempo de traslado y brinda mayor comodidad tanto para el usuario como para el conductor. Esto se establece mediante un sistema de casetas de prepago antes de entrar en las diversas paradas.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Las llamadas tarjetas inteligentes cuya tecnología se basa en un “chip” electrónico, es la opción más novedosa presentada para estos sistemas; estas tarjetas facilitan la integración del usuario con el sistema, ya que puede realizar sus pagos de manera cómoda y rápida, de igual forma puede brindar posibilidades de establecer descuentos por paquetes de viajes, lo que atraería la atención del usuario por su facilidad y economía para sus traslados.

Este sistema ofrece las principales ventajas: rapidez en el proceso de ingreso al sistema, reduce los tiempos de viaje de los pasajeros en el sistema, contribuyen con el mantenimiento e higiene y ofrece flexibilidad y comodidad. Se debe tomar en cuenta que el sistema debe tener la infraestructura, máquinas y dispensadores necesarios, así como un control de las operaciones y buen funcionamiento de la misma a lo largo de la vida útil en el sistema.

- **Acceso controlado de paradas.**

Según la disponibilidad de espacio, se puede establecer accesos a las paradas mediante paradas elevadas a nivel de piso, con el fin de aislar y cerrar el sistema exclusivo para los pasajeros sin tener que interferir con los peatones u otros usuarios que circulen fuera del mismo; con ello se facilita el abordaje a los autobuses y pasajeros con lo cual se garantiza que el mismo tenga una organización controlada y mayor seguridad del sistema.

- **Sistemas de Información al usuario.**

El establecimiento de medios comunicacionales que permitan al usuario conocer los tiempos de viaje, arribo de unidades a la estación y diferentes conexiones en la transferencia a otro modo de transporte, permite una mayor organización y bienestar al usuario.



Sistema de Información en el BRT de los Ángeles, U.S.A

El sistema debe proveer a los usuarios la información necesaria para la toma de decisiones en cuanto a las rutas a tomar, facilitándole mapas de recorrido, esquemas de paradas, ubicación geográfica respecto a la zona fuera del sistema, ubicación del personal para asistencias, así como también información en tiempo real del estado del sistema, para ofrecer el tiempo de



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

llegada del autobús a la estación. La información debe ser frecuente y actualizada constantemente, preferiblemente se debe ofrecer una representación gráfica de las rutas en la cual se establezca la posición de la unidad y los accesos a otros sistemas circundantes que permitan las conexiones con diversas zonas de la ciudad.

Esto permite reducir la dependencia del usuario al personal del sistema y en consecuencia aumenta, la confianza y satisfacción del usuario para desplazarse y preferir el mismo, incrementa la flexibilidad en las opciones de los viajes.

Proveer de una información de calidad requiere un riguroso mantenimiento y actualización de la data de manera constante, brindando así al usuario un servicio consistente, eficiente y satisfactorio.

- **Recuperación del espacio público.**

Las zonas aledañas a las paradas pueden recuperar su espacio mediante el establecimiento de medidas de reconstrucción y nueva organización por parte del organismo del cual dependa el sistema. Con ello se logra establecer un ambiente adecuado para el desarrollo del medio.



Sistema BRT en México

- **Sistema de seguridad avanzado.**

Se puede establecer un sistema de seguridad con cámaras de circuito cerrado, con ello se controla el acceso y se brinda mayor confianza del usuario para la utilización del sistema. Tener un sistema óptimo y preciso de seguridad, permite establecer la ubicación del autobús si este se ve involucrado en un incidente y así poder brindarle asistencia rápida en el sitio, con ello se preservaría la integridad del chofer y pasajeros, así mismo se reduce potencialmente el tiempo de respuesta para cualquier situación irregular, con lo que se generaría un menor número de incidentes en el sistema.



4.3 Definición de los Parámetros de Diseño para un Sistema BRT

Para establecer las comparaciones entre los diversos sistemas BRT tanto a nivel internacional como nacional, se ha seleccionado una serie de parámetros que podrán generar una visión amplia de los beneficios que puede ofrecer.

El *tipo* de sistema es indispensable para lograr entender el funcionamiento del mismo y así comprender la variante en los tiempos de viaje que entre ellos se puedan generar. La *longitud* total en que se desarrolle y el *número de estaciones* con que cuente, permitirá conocer, según las condiciones geográficas de la ciudad, el alcance que puede tener el mismo y los estudios de la zona en cuanto a infraestructura vial y estructural.

La *demanda total* que puede movilizar en hora pico, así como por día, permite estimar la capacidad que puede abarcar el sistema y posibilidades de cubrir la demanda poblacional que ofrezca la zona. Dicho parámetro es condicionante en la estructura de las estaciones y el modelo de autobús a utilizar en el sistema.

Según el tipo de unidad seleccionada, tecnología y disposición de las estaciones, se logra obtener la *velocidad promedio* y *frecuencia*, para así establecer la cantidad de unidades que pueden operar para que el sistema ofrezca el servicio deseado, así como también una estimación de la percepción del usuario ante el funcionamiento del mismo.

Uno de los parámetros que influyen en cualquier proyecto es el económico, por ende, se establecerá el *costo del pasaje* para poder ser comparado con otros sistemas de transporte público. El *costo de implementación del sistema total* y *costo por kilómetro* del mismo permite observar la relación con la construcción de otros sistemas que puedan cubrir la demanda de pasajeros de la misma manera. Cabe destacar que el parámetro de *costo de mantenimiento* a un valor futuro resulta difícil de obtener, sin embargo es necesario aclarar que su determinación puede ser de gran influencia para los sistemas implementados. Todos los parámetros económicos de cada continente se expresarán en un sistema monetario único, el cual es el dólar (\$), para establecer comparaciones entre los mismos de una manera homogénea.



4.4 Experiencias Internacionales de los Sistemas BRT

En este aparte, se tomarán en cuenta las experiencias de diversas ciudades a nivel mundial, de igual forma se procederá a una breve descripción a nivel continental de diversos sistemas cuya importancia es fundamental para el estudio presentado y una comparación de sus parámetros más importantes de forma general.

4.4.1 Experiencias en América

En el continente americano podemos encontrar diversos sistemas, desde Canadá, Estados Unidos y México en la parte norte, como Colombia, Brasil, Chile, Ecuador, Guatemala, México y Venezuela en la zona centro y sur del mismo.

País: **Canadá**
Ciudad: **Ottawa**
Sistema: Transitway



Aproximación del BRT a la estación

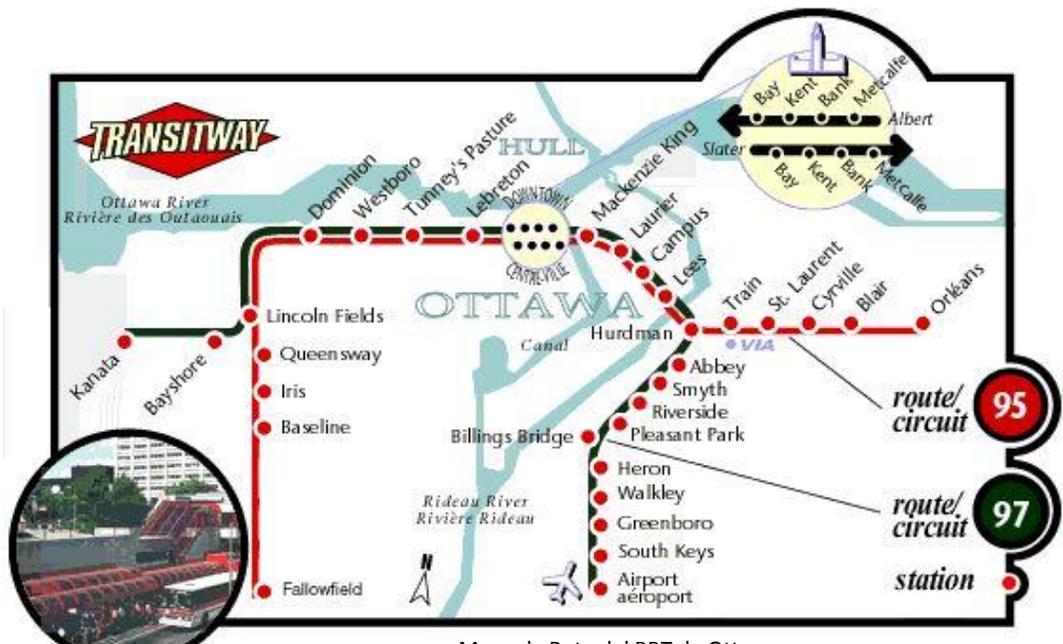
La línea fue construida desde el año 1983 bajo las operaciones de OC Transpo. La segregación de las vías es mediante el nivel normal de la calle, por medio de puentes, pasos elevados o calles en zanjas. Los vehículos son articulados y convencionales, siendo en su mayoría los primeros mencionados, cuya característica principal es su piso bajo.

El sistema opera con seis (6) líneas de transporte rápido, cinco (5) del tipo BRT y una (1) del tipo LRT. Cuenta con once (11) terminales para evitar las congestiones, plazas de estacionamientos para que los vehículos particulares estacionen fuera de la ciudad. Dentro de la vía se permite la circulación de vehículos de emergencia



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Transitway	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	27
Estaciones	26
Demanda en la hora pico (pas/h)	32.000
Pasajeros movilizados por día	200.000
Velocidad promedio (Km/h)	50
Frecuencia (seg)	30
Costo del Pasaje (\$)	3,25
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	440.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	14.000.000



Mapa de Ruta del BRT de Ottawa



Vista lateral de una estación del sistema



Autobús bi-articulado utilizado en el sistema



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

País: **Estados Unidos**
 Ciudad: **Los Ángeles**
 Sistema: Busway

El sistema BRT de Los Ángeles fue puesto en funcionamiento en el año 2000 (primera línea), cuenta con el apoyo de tres líneas de metros: Orange Line (2005)(23Km), Harbord Transitway (18Km) y Metro Rapid (21Km). Siendo la línea de Harbord Transitway o Silver Line la más importante, ya que cuenta con una parada de 3 niveles, una a pie de calle, una intermedia y otra superior. Cuenta con 4 terminales que conectan al sistema con las otras líneas de metro o ferrocarril, según el caso. El sistema posee un sistema de acceso que permite tener plazas para la estacionamiento de bicicletas.



Autobús utilizado en el Sistema BRT

Con respecto a la operación, cada unidad de autobús se detiene en cada parada, independientemente que esta cuente con o sin pasajeros y cada unidad dispone de 3 puertas de acceso para mayor comodidad del usuario. Para cumplir con los tiempos de llegada, estos autobuses cuentan con una serie de transmisores para establecer prioridad ante los semáforos, ajustando estos según sea el caso.

Busway	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	62
Estaciones	50
Demanda en la hora pico (pas/h)	20.500
Pasajeros movilizados por día	71.900
Velocidad promedio (Km/h)	20,2
Frecuencia (seg)	30
Costo del Pasaje (\$)	1,50
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	500.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	25.000.000



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

País: **Brasil**

Ciudad: **Curitiba**

Sistema: Redes Integradas de Transporte (RIT)

Curitiba es considerada la cuna de los Sistemas BRT, este fue inaugurado en el año 1973. No fue sino hasta el año de 1980 que este sistema logró unir cualquier punto de la ciudad bajo una tarifa única de pago. Cada línea, posee estaciones de transferencia equipadas bajo la concepción de una estación ferroviaria.

Cuenta con 8 tipos de líneas, de las cuales 4 pertenecen a un sistema integrado de autobuses y las 4 restantes conforman un sistema no integrado. En la red integrada forman parte autobuses biarticulados y se encuentran las líneas alimentadoras; así mismo, la red no integrada, conforma las líneas circulares del centro, líneas convencionales, líneas interhospitalarias y línea turística.



Sistema BRT en Curitiba, Brasil

Para el efectivo funcionamiento del sistema fue fundamental la implementación de corredores estructurales, estos son conformados por un sistema trinario: una calle central con tres canales, en el centro un doble carril para el autobús y dos calles adyacentes para el tránsito vehicular. Cuenta con 340 rutas las cuales sirven de 1900 vehículos para un total de 2 millones de pasajeros al día. Este se extiende a lo largo de 1100 Km de carretera, y de las cuales 60 son de uso exclusivo para el autobús.

Las líneas de expreso biarticulado son operadas por autobuses de gran capacidad en 75Km de vía segregada y sirven a 5 ejes principales de la ciudad, su estructura es radial y es la primera línea con características BRT, ya que ofrece gran capacidad, con altas velocidades a una frecuente alta de paso. La flota está compuesta por 164 autobuses rojos biarticulados, con una longitud de 25 a 27 metros, y con una capacidad de 270 pasajeros. Cada autobús posee 5 puertas a cada lado a la altura de la estación.



Canales exclusivos para un menor tiempo de viaje



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

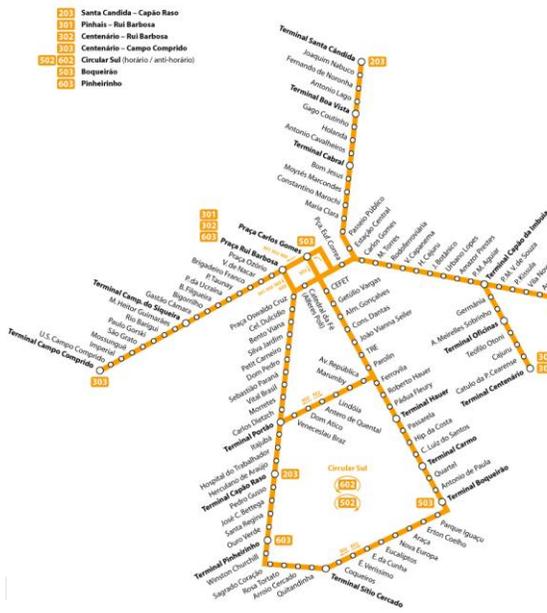


Estación cilíndrica típica del Sistema

Las estaciones del sistema en Curitiba presentan forma cilíndrica característica del mismo y reconocidas a nivel mundial por la forma original. La red integrada cuenta con 21 terminales de integración urbana y 7 metropolitanas. Esta solución ha permitido el rápido desplazamiento ya que permiten ingresar al autobús al mismo nivel y se cuenta con el pago anticipado antes de entrar en el mismo.

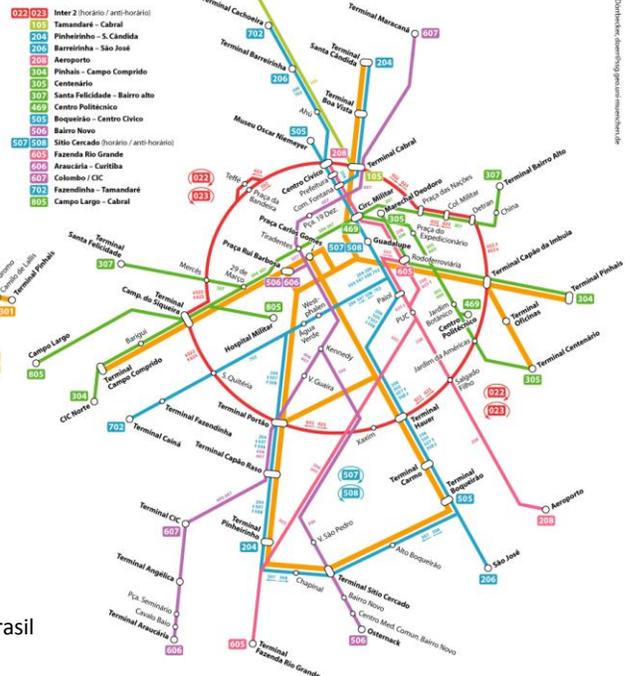
RIT	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	1.100
Estaciones	351
Demanda en la hora pico (pas/h)	22.500
Pasajeros movilizados por día	1.900.000
Velocidad promedio (Km/h)	26
Frecuencia(seg)	90
Costo del Pasaje (\$)	0,40
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	1.650.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	1.500.000

Curitiba Linhas Expresso Biarticulado



Mapas de Líneas del Sistema BRT en Curitiba, Brasil

Curitiba Linhas Direta





Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Este es el segundo sistema BRT implantado en Latinoamérica después del de Curitiba. Fue inaugurado en el año 2000 con las líneas troncales de la Avenida Caracas y la Calle 80. En el sistema se distinguen servicios troncales y servicios alimentadores.

Este sistema BRT se dividió por zonas identificadas cada una con un color y una letra. Existen 9 líneas troncales, las cuales cuentan con autobuses articulados de propulsión de 18 metros de largo con una capacidad para 160 pasajeros y cuenta con 4 puertas a la izquierda para el embarque y desembarque y 2 puertas a la derecha para casos de emergencia. De igual forma cuenta con vehículos articulados con paradas fijas de estaciones exclusivas, que por lo general cuentan con doble vía permitiendo que el servicio avancen a los del servicio convencional. Las puertas ubicadas a ambos lados del autobús, permiten que los mismos puedan operar en una estación en ambos sentidos.



Autobús articulado del Transmilenio

El Transmilenio ofrece dos tipos de servicios, el convencional con paradas en todas las estaciones y funcionamiento continuo durante todo el día, y el expreso, el cual hace paradas determinadas en estaciones de la ruta y los cuales se subdividen en 5 servicios dependiendo de la hora, en una combinación de hora pico, hora valle o mixtos, encontrándose así disponibles durante todo el día.



Doble canal exclusivo por sentido

Se dispone en la vía de un carril exclusivo para el autobús, así como también de vehículos de emergencia como ambulancias, carros de policías o bomberos. Se encuentra ubicado en el centro de las avenidas y están separados físicamente de los carriles de uso mixto.

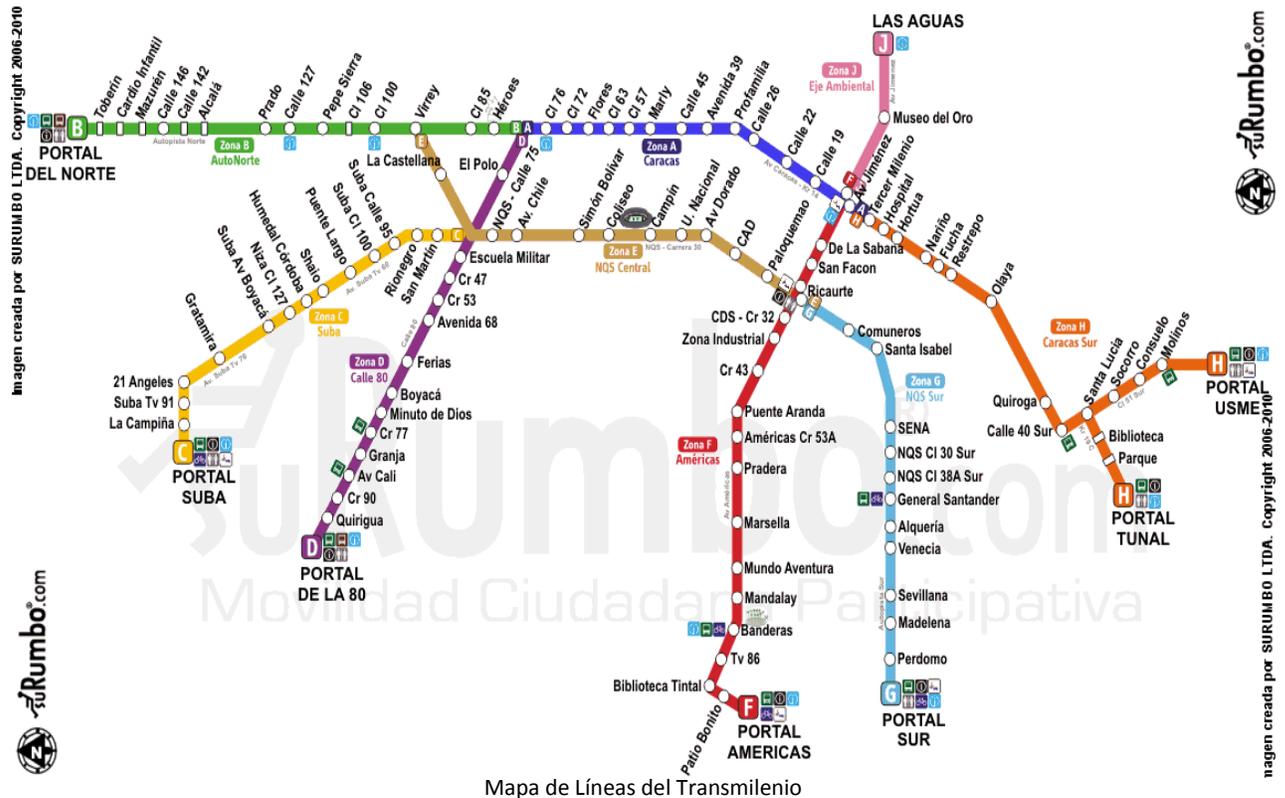
En las líneas troncales se cuenta con 114 estaciones clasificadas en cinco tipos; sencillas, de transferencia, sin intercambio, intermedias y de cabecera. Cada estación cuenta con informaciones referentes a las rutas y tableros electrónicos de información sobre el tiempo de llegada del autobús. El sistema de ingreso a las estaciones es mediante sin contacto recargables y cuya



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

validación es fuera del vehículo permitiendo un tiempo de movilización de los pasajeros más rápido y cómodo.

Transmilenio	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	84
Estaciones	114
Demanda en la hora pico (pas/h)	32.000
Pasajeros movilizados por día	1.400.000
Velocidad promedio (Km/h)	26
Frecuencia (seg)	63
Costo del Pasaje (\$)	1,10
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	39.480.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	3.900.000





4.4.2 Experiencias en Europa

En los países desarrollados se implementa el sistema BRT con el objetivo de un desarrollo sostenible del transporte público. En Europa encontramos diversos países como Países Bajos, Reino Unido, Francia, Alemania, Finlandia y Suecia.

País: **Suecia**
Ciudad: **Estocolmo**
Sistema: Stombuss

El sistema BRT consta de 4 líneas que van desde fuera de la ciudad hasta el centro de la misma. El mismo pretende ser un sistema complementario del metro para concentrar el transporte público, facilitar la identificación de la red troncal y prestar un servicio de alta frecuencia para los usuarios. Los autobuses utilizados son de propulsión a etanol y biogás, tienen 18 metros de largo, tres puertas laterales y son de piso bajo.



Autobús del BRT en Estocolmo, Suecia

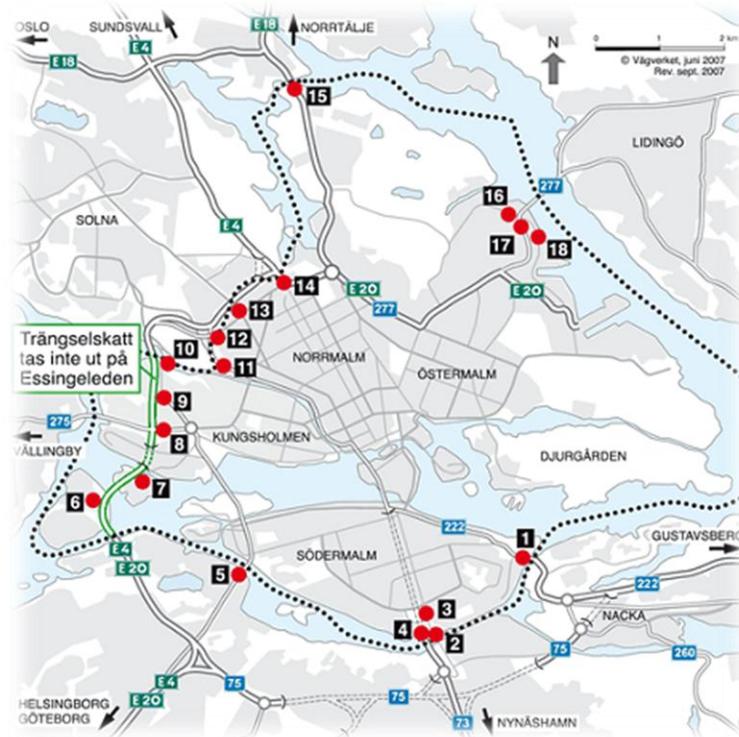
Las estaciones son de marquesinas con una plataforma saliente y poseen una pantalla que muestra el tiempo de llegada del autobús e información detallada de todo el sistema. Así mismo, las paradas están pintadas de rojo para facilitar su ubicación.

Las vías de la ciudad al ser estrechas imposibilitan que el sistema posea un carril sólo para el paso del autobús, lo que obliga a que opere con tráfico mixto.

Stombuss	
Tipo de Sistema BRT	Mixto
Longitud (Km)	24,1
Estaciones	18
Demanda en la hora pico (pas/h)	12.000
Pasajeros movilizados por día	46.000
Velocidad promedio (Km/h)	15
Frecuencia (seg)	300
Costo del Pasaje (\$)	2
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	110.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	4.500.000



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial



Mapa General de líneas del Sistema BRT en Estocolmo, Suecia



Visión de Paradas en Estocolmo



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

País: **Francia**

Ciudad: **Rouen**

Sistema: Metrobus

La ciudad de Rouen se encuentra a 250 Km de la ciudad de París, capital de Francia, cuenta con 390.000 habitantes. El sistema BRT de la ciudad de Rouen fue inaugurado en el año 2001 y consta de tres rutas con la peculiaridad de que el autobús es guiado automáticamente por toda la ruta. Este consiste en un sistema de guiado óptico mediante escáneres en los carriles lateralmente, estas funcionan por medio de una serie de cámaras que compara continuamente el trazado del vehículo con el esperado, de igual forma el conductor puede desconectar el guiado óptico y manejar el mismo la unidad.



BRT de Rouen, Francia.

La flota consta de 59 autobuses articulados de 18 metros de largo y una capacidad de 120 pasajeros. Son de piso bajo y las puertas se abren a nivel de la plataforma. Estos autobuses poseen un sistema GPS para su localización para suministrar información real de la localización de los mismos. Así mismo, poseen prioridad semafórica, lo cual permite al conductor cambiar la luz del semáforo para evitar la reducción de su velocidad en las intersecciones. Cuentan con máquinas de validación de tarjetas dentro del vehículo, mapas y marquesinas para la información. Los autobuses a lo largo de su recorrido se encuentran tres tipos de carriles: mixtos, segregados únicos para ambos sentidos o segregados por sentido.

Metrobus Rouen	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	31,77
Estaciones	61
Demanda en la hora pico (pas/h)	12.000
Pasajeros movilizados por día	45.000
Velocidad promedio (Km/h)	40
Frecuencia (seg)	120
Costo del Pasaje (\$)	1,20
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	122.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	7.625.000



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial



Canales exclusivos para la operación del sistema



Utilización de puertas exclusivas sólo para el embarque y desembarque en las estaciones, optimizando el tiempo de parada.



4.4.3 Experiencias en Asia

En el continente asiático existe un gran número de sistemas BRT, incluyendo los que están en proceso de planificación. Debido a la tasa de crecimiento poblacional tan elevada del continente, este sistema es el único que puede lograr, a bajo costo, una mejor solución para los problemas de congestión. Países como China, Japón, Indonesia, India y Corea del Sur cuentan con dicho sistema como parte de su plan de organización y desarrollo económico y social. Dentro de estos sistemas destacan los de la ciudad de Beijing y Seúl, los cuales se describirán a continuación.

País: **China**

Ciudad: **Beijing**

Sistema:

Beijing fue la primera ciudad en introducir el concepto de BRT con piso bajo en Asia. El sistema se inauguró en el año 2004 y consta con una flota de 87 autobuses de gran capacidad, de 18 metros de largo y articulados; en ellos se disponen tres puertas en su lado izquierdo. Estos autobuses son propulsados con motores diesel con lo cual disminuyen sustancialmente los efectos contaminantes. Casi el 90% del corredor destinado al sistema cuenta con vías segregadas, las cuales están dispuestas en el medio de la calzada para así minimizar las interferencias que generen los giros hacia la derecha.



Sistema BRT en Beijing, República Popular de China.

Las estaciones se encuentran ubicadas a una distancia media entre estas de 940 metros con lo cual permiten 7 transferencias entre las líneas. Son en forma de marquesina y algunas con una protección a la plataforma debido al clima. Esta plataforma está a nivel de la entrada del autobús con lo cual se facilita la entrada y salida del mismo. El pasaje es cancelado al entrar en el vehículo con lo cual se dispone facilidades de pago del mismo.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

El sistema posee un control central que permite regular y ofrecer información a tiempo real de la llegada de cada autobús, de igual forma se presenta información detallada de cada ruta y estaciones.

Beijing BRT	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	34,5
Estaciones	60
Demanda en la hora pico (pas/h)	8.000
Pasajeros movilizados por día	120.000
Velocidad promedio (Km/h)	21
Frecuencia (seg)	50
Costo del Pasaje (\$)	0,15
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	5.927.200
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	171.802,90



Canales exclusivos en medio de la calzada



Sistema en operación con prioridad en las intersecciones



Sistema de información al usuario sobre rutas y paradas



Estación típica del sistema en Beijing



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

País: **Corea del Sur**

Ciudad: **Seúl**

Sistema: Seoul Median Bus Lanes

El sistema BRT de la capital de Corea de Sur se inauguró en el año 2004. Pese a que no presenta características tan marcadas con el BRT en Beijing su operación se basa en su principio. En su red de servicio se intercambian entre rutas con tramos BRT y tramos convencionales. Circula por la vía en tránsito mixto y segregado bajo las características propias de la calle en la que esté operando. En el sistema se cuenta con 4 líneas características.



Autobús del Sistema en Seúl

Los autobuses son de 12 metros de largo aproximadamente, con dos puertas en el lado derecho y otros de 18 metros articulados con 4 puertas en el lado derecho. Su propulsión es a partir de CNG de baja emisión para contribuir con el ambiente. Con respecto al pago del pasaje, cada unidad cuenta con una validadora de billete en su interior.

Este sistema logra ofrecer un servicio con más de un operador, aunque poseen un control central, de esta forma se cuenta con información detallada en cada una de las estaciones. La empresa municipal logra poner en funcionamiento una flota de autobuses de mayor capacidad cuya velocidad es más alta que el BRT y el convencional, estos son denominados “Trunk Bus”; otro sistema prestado por una empresa privada son los “Branch Bus”, cuyo objetivo es conectar las estaciones del metro más importantes con las terminadas del autobús en las afueras de las ciudades. Se encuentran los Rapid Bus, es una línea de servicio expreso que logra conectar el centro de la ciudad con los puntos más alejados del área metropolitana, también los denominados “Circulation Bus” los cuales son alimentadoras y logran unir las principales estaciones con las áreas comerciales, negocios, etc. Especialmente en las horas pico del día. Cada línea de autobús se diferencia por colores.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Seoul Median Bus Lanes	
Tipo de Sistema BRT	Mixto
Longitud (Km)	43
Estaciones	73
Demanda en la hora pico (pas/h)	11.000
Pasajeros movilizados por día	406.000
Velocidad promedio (Km/h)	17
Frecuencia (seg)	240
Costo del Pasaje (\$)	1,04
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	2.519.060
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	58.582,80



Sistema de organización de rutas por colores en autobuses



Usuarios en parada de Seúl



4.4.4 Experiencias en Oceanía

En el continente oceánico encontramos varios sistemas en Australia en 4 ciudades: Adelaida, Brisbane, Perth y Sydney y otro en Nueva Zelanda en la ciudad de Auckland.

País: **Australia**

Ciudad: **Brisbane**

Sistema: Busway

El sistema BRT de la ciudad de Brisbane comenzó sus operaciones en el año 2001, consta de vías que no son solamente exclusivas sino también separadas por largos trayectos. La vía original de autobuses del sureste recorre mayormente una franja libre de tierra a lo largo de la autopista. El segmento del centro de la ciudad está bajo tierra, mientras otros segmentos siguen partes de la vieja línea de rieles. Un segmento especialmente emocionante es un “Puente Verde” (transitan solo bicicletas y peatones) sobre el rio, entra a la universidad de Queensland, suministrando viajes dramáticamente más cortos que los que se puedan realizar en carro. Las estaciones a través de esta red son consistentes con la calidad del diseño que se espera en un sistema moderno de rieles pesados en un país desarrollado.



Estructura “Puente Verde” y acceso al túnel del sistema

Con la construcción de estos segmentos bajo tierra a través del centro, la red de buses Brisbane ha sobrepasado su inspiración original, Ottawa, la cual nunca construyo un segmento hacia el centro de la ciudad y que ahora esta planificando convertir su línea de autobuses en rieles.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Brisbane Busway	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	10,5
Estaciones	10
Demanda en la hora pico (pas/h)	16.000
Pasajeros movilizados por día	150.000
Velocidad promedio (Km/h)	80
Frecuencia (seg)	120
Costo del Pasaje (\$)	3,20
Costo total de Implementación del Sistema (\$)	400.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	24.200.000



Paradas del Sistema BRT en Brisbane, Australia



Sistema de Información suministrada al usuario



Flota de Autobuses del Sistema BRT en Brisbane, Australia



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

País: Nueva Zelanda

Ciudad: **Auckland**

Sistema: ***Northern Busway***

El sistema BRT de la ciudad de Auckland se presenta en vías segregadas al norte de la ciudad de Nueva Zelanda, este sistema fue diseñado por la empresas Beca Group, Opus y Connell Wagner. Inició sus operaciones en Febrero de 2008 luego de varios años de construcción, con una flota de 70 autobuses por hora incluyendo el servicio de autobuses expresos por lo cual las vías del sistema son dobles para permitir dicho servicio. De esta flota se utiliza sólo 25 autobuses por razones de seguridad y mantenimiento.



Autobús del Sistema BRT en Auckland, Nueva Zelanda

Este sistema contará con dos líneas adicionales, una desde el este de Auckland Northern Motorway hasta el puente Auckland Harbour, se cuenta actualmente con 6km de vías construidas y se estima llegar a 8Km para la completar la segunda fase del sistema.

Las estaciones están provistas de anuncios y estacionamiento para bicicletas, su diseño se basa en largas plataformas con paredes de vidrio, postes de luz y sistema de seguridad visual; las mismas conectan al sistema con otros servicios que se prestan en la ciudad. Se encuentran dentro de las estructuras un viaducto de 30m de ancho por 360m de largo que sirve de soporte del sistema. Así mismo, el sistema de pago del pasaje se hace antes de ingresar a la unidad por medio de máquinas dispensadoras de tickets.



Vista de la llegada del autobús a una estación.

Dicho sistema recibe el premio “Ingenium Excellence Award” en el año de 2009 por sus destacados proyectos de construcción e innovación para este tipo de sistema BRT.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Northern Busway	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	6,2
Estaciones	5
Demanda en la hora pico (pas/h)	19.400
Pasajeros movilizados por día	150.000
Velocidad promedio (Km/h)	30
Frecuencia (seg)	60
Costo del Pasaje (\$)	0,5
Costo total de Implementación del Sistema (\$)	294.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	5.600.000



Mapa del Sistema BRT en Auckland, Australia



Máquina dispensadora de tickets



Estacionamiento para bicicletas



4.4.5 Experiencia en África

En el continente africano sólo se cuenta con un solo sistema BRT implantado actualmente, este se encuentra en la ciudad de Lagos, Nigeria, y el cual se describirá a continuación como el BRT Lagos.

La primera línea del sistema BRT de Lagos empezó su construcción en el año 2007 y fue puesta en funcionamiento en Marzo de 2008 para una ciudad de 1.700.000 habitantes. Dicho sistema cuenta con dos operadores NURTW cooperative y LAGBUS, cuya última pertenece al gobierno del estado de Lagos. Operan durante 16 horas diarias desde las 6:00am hasta las 10:00pm. Se cuenta con una flota de 220 autobuses, 3 terminales de autobuses: Mile 12, Moshalashi y CMS; las estaciones están diseñadas para integrarse al autobús a su llegada a la parada y así facilitar el embarque y desembarque de la misma.



Sistema BRT de Lagos y sus operadores

El sistema contiene marquesinas de información, un garage para la flota de autobuses con una casa de mantenimiento y suministro de combustible y una oficina que regula las operaciones del sistema en todo momento. Se prevé la construcción en un futuro de una segunda línea para la expansión del servicio a más zonas de la ciudad.

Lagos BRT	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	22
Estaciones	26
Demanda en la hora pico (pas/h)	16.000
Pasajeros movilizados por día	200.000
Velocidad promedio (Km/h)	30
Frecuencia (seg)	120
Costo del Pasaje (\$)	No disponible
Costo total de Implementación del Sistema (\$)	35.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	1.700.000



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial



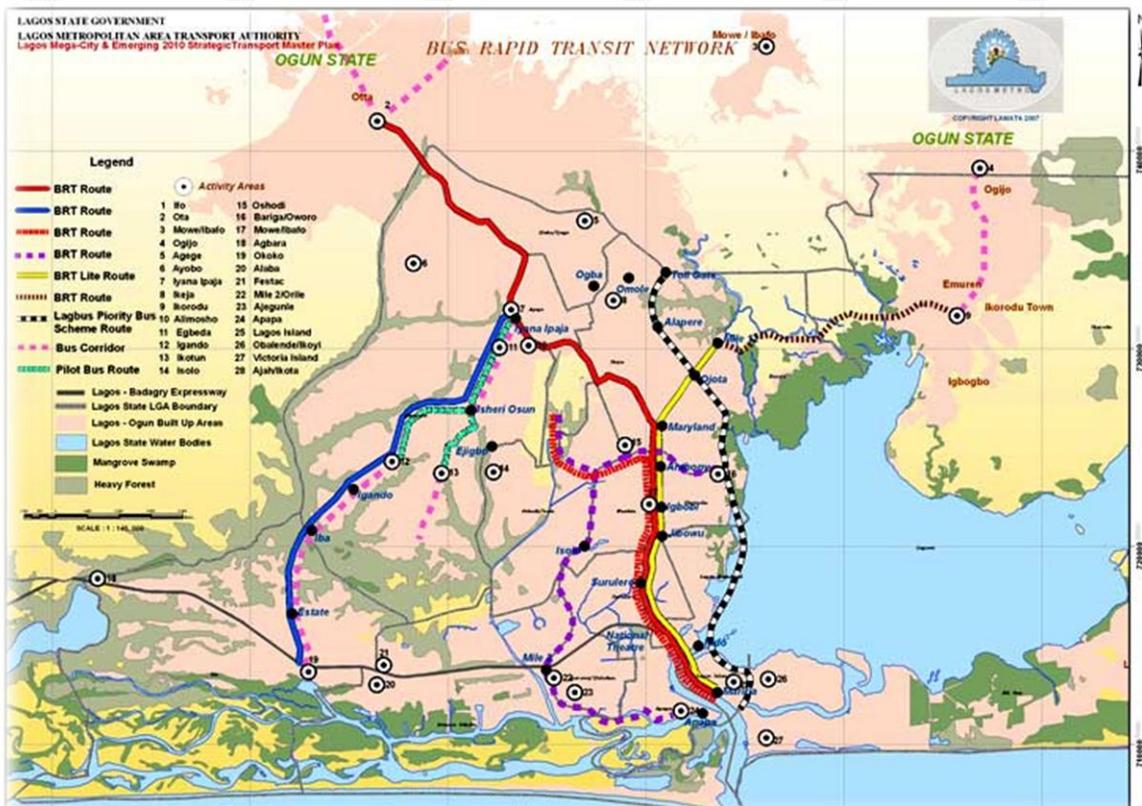
Señalización de vía exclusiva para el sistema



Visión general de funcionamiento del sistema



Diseño de las estaciones del sistema



Mapa de líneas del sistema BRT Lagos



4.5 Sistemas BRT en Venezuela

En Venezuela, actualmente sólo se encuentra en funcionamiento un sistema BRT en la ciudad de Mérida, mientras que en otras ciudades este sistema está en construcción como en la ciudad de Caracas o en planificación. En este aparte se seleccionaron los sistemas más importantes a nivel nacional para su descripción y análisis. Así mismo, cabe destacar que la información suministrada para el desarrollo de la descripción de estos sistemas fue obtenida bajo la tutela de un grupo de especialistas nacionales tales como Somelca, ALG y el Grupo AM.

4.5.1 Bus Caracas

El proyecto Bus Caracas ha sido planificado por la Alcaldía del Municipio Libertador para la ciudad de Caracas a partir del año 2001, el cual busca implementar un sistema de transporte masivo, rápido y económico para solventar los problemas de congestionamiento de las vías y reorganizar el tráfico de la capital. El Bus Caracas funcionará con canales exclusivos y con autobuses articulados a través de una red de estaciones. Se planea que este sistema sustituya el transporte público tradicional de la zona.

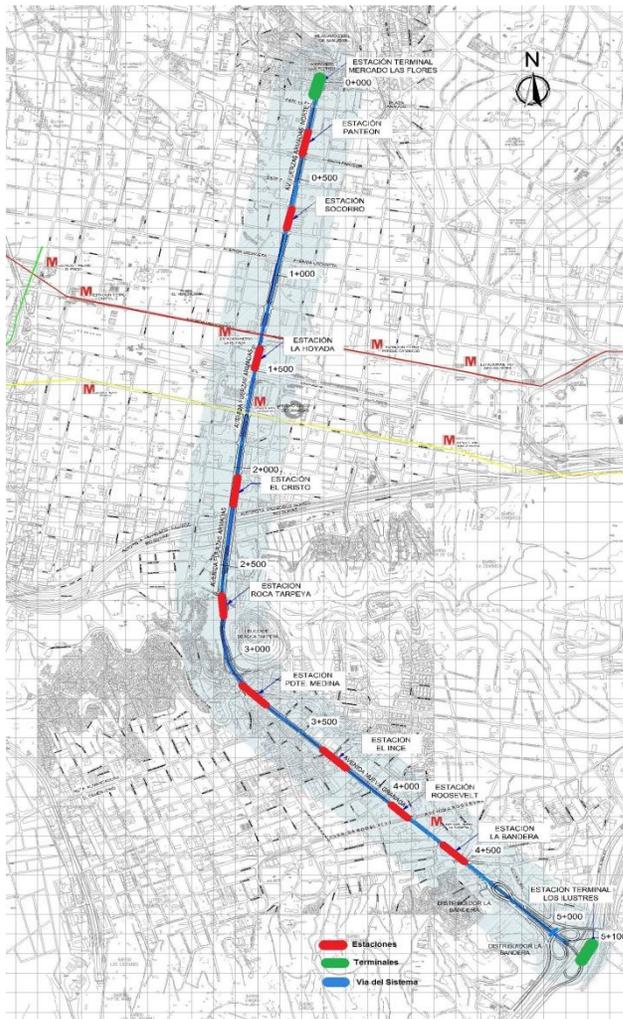
A partir del año 2005 comenzaron los estudios de factibilidad de un sistema que aportará la solución necesaria para cubrir la demanda de pasajeros que azota ciudad capitalina. Luego de 3 años de discusiones y estudios, en los cuales se incluyeron a los transportistas de las zonas, se iniciaron las gestiones a partir del 2008 para su organización y construcción. Pese a los retrasos presentados en los últimos años, se plantea que para el año 2010 se inauguren los primeros tramos de la obra, actualmente su construcción está bajo la tutela del Ministerio para el Poder Popular para las Obras Públicas y Viviendas (MOPVI) a través de FONTUR.

Las estaciones serán en forma tubular, ubicadas en una isla central y cuya entrada al sistema serán a nivel de los autobuses, de igual forma se controlará su acceso mediante el uso de torniquetes. El sistema de pago para el sistema se propuso mediante el establecimiento computarizado de tarjetas inteligentes recargables.

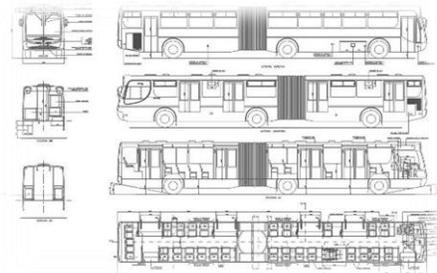


Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

BÚS CARACAS	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	5,1
Estaciones	9 (2 terminales)
Demanda en la hora pico (pas/h)	12.000
Pasajeros movilizados por día	120.000
Velocidad promedio (Km/h)	30
Frecuencia (seg)	270
Costo del Pasaje (\$)	0,2
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	33.150.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	6.500.000



Mapa de Ruta del Bus Caracas



Autobuses para el Sistema BRT



Estaciones diseñadas para el sistema



4.5.2 Trolebús de Mérida

Este es el único sistema BRT en funcionamiento de Venezuela, debido a las condiciones geográficas y topográficas de la ciudad de Mérida, cuya pendiente oscila entre 5% y 6%, este sistema es el único que puede adaptarse a dicho ambiente. Desde el año 1997, la autoridades gubernamentales establecieron que era necesario la implementación de un servicio de transporte público que brindara las mejores soluciones al problema de congestionamiento vial; tras varios estudios de diversos proyectos: buses convencionales, buses articulados, trolebús y trolebuses articulados, se llega a la conclusión de que el mejor sistema es el tipo trolebús articulado que estuviese alimentado con un motor dual, uno eléctrico y otro diesel y el cual ofrece bajo impacto ambiental. Actualmente, de los 18 Km del sistema se encuentran ya construido y en funcionamiento 9km. Así mismo, este sistema garantiza que políticamente el mismo no sea afectado con cambios de gobierno con el transcurso de los años.



Trolebús de Mérida, Venezuela

El Trolebús de Mérida consiste en un sistema de transporte masivo que cuenta con dos líneas operadas por el trolebús y una tercera línea operada por medio de un teleférico; este proyecto está implantado en las ciudades de Mérida y Ejido al Occidente del país. Su objetivo fundamental es lograr unir las áreas metropolitanas de dichas ciudades incluyendo a la ciudad de Tabay en base a un sistema no contaminante, rápido, seguro, cómodo y cuya relación de



Estación Alto Chama, Línea 1 eléctrica reciclable.

costos sea viable, así como también la mejora del tráfico automotor en virtud de una ciudad cuyo atractivo paisajístico es fundamental para el desarrollo de la misma. El trolebús es un sistema que se adapta a la topografía de la zona generando en el descenso la energía suficiente para su funcionamiento por medio de la recarga de unas baterías internas, generando así una energía



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Este nuevo sistema toma como referencia al sistema BRT de Latinoamérica, como el de Bogotá en Colombia y Curitiba en Brasil, adaptándose a las condiciones demográficas de la ciudad de Mérida. Este proyecto se considera uno de los primeros en ser construido para una ciudad cuyos habitantes logran ser menos de 500.000 en toda Latinoamérica. Las estaciones poseen un diseño arquitectónico particular para la ciudad de Mérida, lo cual generó una renovación urbana y paisajística de la zona.

Su estudio de demanda, estudio de tecnología, diseño, establecimiento de la ingeniería conceptual y licitación estuvo bajo la tutela de tres importantes empresas, el Grupo AM, Empresa ALG y SYSCA.

TROLEBÚS DE MÉRIDA	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	18,2 (9 en construcción)
Estaciones	25
Demanda en la hora pico (pas/h)	18.000
Pasajeros movilizados por día	150.000
Velocidad promedio (Km/h)	40
Frecuencia (seg)	240
Costo del Pasaje (\$)	Gratis
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	400.000.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	21.987.022



Trolmérica



Estación Terminal Ejido, Línea 1



4.5.3 Transbarca de Barquisimeto

El sistema integral de transporte masivo en construcción, Transbarca, es un sistema que utiliza trolebús los cuales prestarán servicio a la ciudad de Barquisimeto y su área metropolitana. El proyecto viene siendo proyectado desde el año 2003 por la Alcaldía de la ciudad y comenzando oficialmente su construcción en el año 2005. Luego de diversos análisis y evaluaciones de posibles causas de retrasos y fallas la obra se paraliza en el año 2007; es hasta el año 2008 que con nuevos recursos vuelve a iniciar su proceso de construcción, cuya finalización se estimó para inicios del año 2009, la cual no ha sido terminada hasta el momento por razones presupuestarias.



Unidad modelo del Transbarca

Así mismo, el objetivo fundamental es la implementación de un sistema de gran capacidad y alta tecnología, que permita solucionar los problemas generados de congestionamiento por el transporte público en la ciudad de Barquisimeto.

El sistema Transbarca ofrecerá las siguientes características: acceso cerrado en las estaciones de cabeceras para un mejor control del desembarque y embarque de los pasajeros, venta de boletos simples antes de ingresar a la unidad o a través de la venta de tarjetas inteligentes de prepago, establecimiento de patios y talleres destinados al mantenimiento de las unidades de trolebús, líneas catenarias para el suministro de la energía necesaria para el funcionamiento del trolebús, sistema tecnológico cerrado de seguridad y atención al usuario.



4.5.4 Transmaracay

El proyecto de Transmaracay es un sistema de transporte masivo tipo BRT que promete solucionar los problemas de congestión vial en la ciudad de Maracay en el estado Aragua, la cual abarca una población aproximada de 448.181 habitantes en una superficie de 311,57 Km². Este sistema uniría las localidades de Palo Negro, Turmero y Cagua, las cuales conforma el área Metropolitana de la ciudad. Así mismo, este proyecto se conectaría al Sistema Ferroviario Nacional, tramo La Encrucijada-Puerto Cabello. Este estudio fue realizado mediante un concurso en los años 2009 y 2010 por la Alcaldía del Municipio Girardot del Estado.

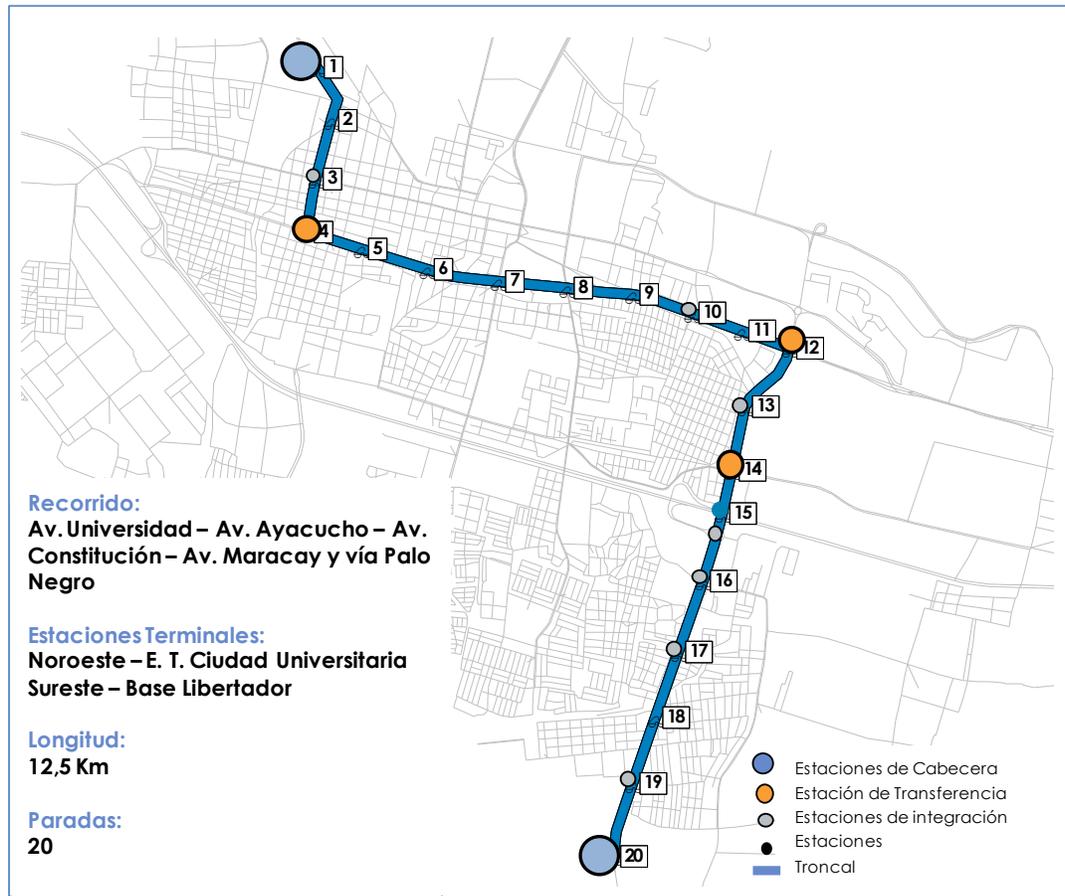
La estructura física con la cual estará conformada el sistema abarca: un corredor BRT, 14 rutas alimentadoras, 34 rutas estructurantes internas, 43 rutas extraurbanas y 7 rutas provenientes de sectores adyacentes al municipio. El sistema fue analizado bajo el escenario de un Sistema Tarifario Integrado, donde las transferencias entre el sistema BRT y las autobuses alimentadores sea gratuita; el sistema contará con 15 estaciones, 3 estaciones de transferencia y 2 terminales de cabecera. En cuanto a la demanda, esta fue estipulada para la hora pico entre 6:30am hasta las 8:30 am.

En la construcción del proyecto se estima que comience por la Línea 2, la cual se unirá al Sistema Ferroviario desde el Este de la ciudad hasta Cagua. Posteriormente se procederá con la construcción de la Línea 1, desde Palo Verde hasta el Oeste de la Ciudad, finalizando con la línea 3 desde el Hospital Central de Maracay hasta Palo Negro.

TRANSMARACAY	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	12,5
Estaciones	20
Demanda en la hora pico (pas/h)	25.375
Pasajeros movilizadados por día	190.832
Velocidad promedio (Km/h)	20
Frecuencia (seg)	60-180
Costo del Pasaje (\$)	0,35
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	98.720.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	7.897.600



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial



Mapa representativo del sistema indicando estaciones y terminales



4.6 Lineamientos de Diseño para un Sistema de Transporte Público tipo BRT

Para emprender el diseño de un sistema de transporte tipo BRT, previamente debe realizarse una evaluación, orientada por una parte a revisar si existen las condiciones adecuadas en el área de implantación y por otra, a tomar en cuenta una serie de consideraciones necesarias para establecer los parámetros de diseño del sistema.

A continuación se sintetizan los lineamientos básicos a tomar en cuenta, para establecer la implementación de un sistema BRT:

- **Estructura de la Red**

La estructura de la red de un sistema de transporte público puede definirse en relación con el área urbana en conjunto y no por parcelas, por lo tanto deben considerarse los patrones de viaje a nivel general, tomando en cuenta toda la ciudad en su conjunto.

Se debe considerar que las líneas del sistema serán las principales troncales del sistema de transporte público preexistente, haciendo uso de las principales arterias viales que permitan el establecimiento de vías exclusivas; de igual forma se deben tomar en cuenta las inversiones para la construcción o mejoras de tramos o enlaces viales cuya características actuales impidan la implementación del sistema, a fin de encontrar una solución económicamente viable que permita la mejora de la calidad ambiental de la ciudad.

- **Vías**

La selección de la vía debe fundamentarse principalmente en la disposición geográfica que permita la continuidad y disponibilidad de establecer circuitos para el retorno de las unidades de transporte. En el diseño, se da preferencia al emplazamiento central de los canales, disminuyendo así el impacto con los vehículos que giran a la derecha; de igual manera se pueden establecer canales de adelantamiento en aquellas estaciones cuya geometría lo permita.



De ser económicamente viable, se puede contar con pavimentos de colores para la identificación del canal exclusivo para así lograr darle seguridad e imagen al sistema.

- **Vehículos**

La selección del tipo de vehículo a ser utilizado en el sistema influye en la identidad del mismo, el nivel de servicio que pueda ofrecer y los beneficios sociales y ambientales que pueda generar. No obstante, la selección de la unidad está condicionada a la geometría de la vía y diseño de las estaciones del sistema.

La cantidad de vehículos o flota del sistema depende principalmente de la demanda, la capacidad de cada unidad y las características del área de servicio. Por lo tanto, las rutas troncales dispondrán de autobuses de alta capacidad donde la demanda y la geometría lo permitan, mientras que las rutas alimentadoras pueden operar con los autobuses convencionales disponible, ya que su demanda asociada es menor.

- **Estaciones y Terminales**

La determinación de la ubicación de las estaciones depende fundamentalmente de las zonas que generen viajes, la disponibilidad física del entorno y las facilidades de transferencias a otros modos de transporte. También las estaciones deben contar con una distancia prudencial entre las mismas, que permita al usuario llegar a las mismas de forma cómoda desde cualquier punto de la vía principal del sistema; se estima que un usuario está dispuesto a caminar una distancia de 500 metros como máximo. En diversos estudios se encontró que la distancia que existe entre las estaciones oscila entre 300 a 1.000 metros, según el caso.

El diseño de las mismas debe facilitar las operaciones del sistema. Por lo general se intenta colocarlas al mismo nivel de la unidad para facilitar y minimizar el tiempo de embarque y desembarque de los pasajeros; sus dimensiones dependerá del número de usuarios en la hora pico para así garantizar una distribución cómoda y segura para los usuarios. Así mismo, debe contar con las protecciones climáticas y sistemas de iluminación óptimos para la seguridad tanto para los operadores como para los usuarios del sistema.



Los terminales deben ser localizados fuera de la vía y cuyas dimensiones sean las apropiadas para garantizar la maniobra y operaciones que se lleven a cabo en ellas, tratando de minimizar los impactos negativos en los diferentes sectores urbanos adyacentes. Su diseño se basa en el tipo de operaciones a realizar para definir la tipología de espacios requeridos para tal fin, buscando la reorganización y recuperación de espacios.

- **Patios y Talleres**

Debido a las dimensiones de los mismos, los patios y talleres presentan una gran dificultad para su localización, ya sea por la disponibilidad del terreno y atributos que estos requieran. Con respecto a su localización, se dará prioridad a los terrenos cercanos a la ruta troncal y alimentadoras, de manera que se facilite la incorporación de las unidades al sistema.

Se debe estudiar con base a la tecnología existente y los impactos ambientales, el tipo de actividad a desarrollarse en los mismos: estacionamiento, suministro de energía, mantenimiento, administración, descanso y capacitación del personal, entre otros, tratando fundamentalmente de reducir las afectaciones que la misma ocasione al entorno.

- **Sistemas de Suministro de Energía**

Las instalaciones destinadas al suministro de energía dependen del combustible utilizado por las unidades. En el caso de que las unidades operen con gasolina, diesel o gas, estos pueden ser suministrados en los patios y talleres mientras que si son operados con tracción eléctrica, se requerirá la intervención del personal capacitado para tal fin.

- **Centro de Control**

El centro de control es el encargado de monitorear el sistema en todo momento, mediante un sistema satelital o GPS o mediante un sistema de radio. Con ello se logra el seguimiento de las operaciones, logrando establecer sistemas de seguridad más eficientes, información al usuario en tiempo real en los terminales, transferencias y estaciones, mayor comodidad para el personal, y rapidez en la respuesta ante algún evento extraordinario que pueda afectar la correcta ejecución del sistema.



- **Operadores**

Se considera que la cantidad de operadores debe disminuir considerablemente a fin de garantizar una eficaz fiscalización del sistema por parte de una autoridad única y garantizar el beneficio de los mismos de manera económica disminuyendo los costos de operación y mantenimiento. Los operadores serán los responsables de prestar el servicio de manera adecuada según las estipulaciones de la autoridad única, ajustarán el servicio a las fluctuaciones que se presenten en la demanda, dar mantenimiento a las unidades e instalaciones que se utilicen como apoyo a las operaciones. Del mismo modo, la autoridad única debe suministrar la capacitación del personal en técnicas gerenciales y administrativas.

- **Boletería**

El flujo de pasajero debe ir asociado directamente al método que se disponga para la compra y validación del boleto, por ende el boleto pre-pagado cuya validación se haga en las estaciones, es una manera de disminuir el tiempo de viaje del usuario. Preferiblemente las rutas alimentadoras pueden utilizar el mismo sistema, sin embargo todo dependerá de la demanda para su validación en las estaciones o dentro de las unidades.

El tipo de tecnología y disponibilidad económica definirán el tipo de boleto a suministrar al usuario, incluyendo tarjetas pre-pagadas o boletos magnetizados. De igual forma, se debe ofrecer a los sectores de más bajos recursos la posibilidad de adquirir a un costo menor un boleto para múltiples viajes. Esta tecnología debe prestar seguridad y no ser susceptible a los posibles fraudes.

- **Organismo de recaudo**

Mediante las evaluaciones de ventajas y desventajas que ofrecen las diversas fórmulas de gestión, se establecerá el organismo garante de la venta, recarga, distribución y validación de los boletos, así como también del manejo y custodia de los ingresos que posea el servicio.

Este organismo debe contar con los equipos y las instalaciones requeridas por el usuario para adquirir los boletos en kioscos o establecimientos fuera de las estaciones debidamente identificadas. De igual manera, este



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

organismo puede ser garante de la equidad de los ingresos de los operadores del sistema.

- **Información al usuario**

La información que se le brinde al usuario garantiza que el mismo pueda realizar sus viajes de manera cómoda y segura, lo cual contribuye significativamente en la identidad e imagen del sistema propiamente dicho. Se debe suministrar información actualizada en todo momento, para ello se debe contar con una unidad responsable de la misma que trabaje de manera consecuente y coordinada con el centro de control y las unidades locales de gestión del tránsito de la ciudad.

La información suministrada debe proveer los modos, rutas, itinerarios, paradas, estaciones, tarifas, terminales y todo aquello que pueda garantizar la movilización del usuario a través de todo el sistema; así mismo se debe informar de las normas de funcionamiento del mismo a fin de garantizar un buen desarrollo de todas las operaciones que se relacionan en el sistema



4.7 Evaluación de Oportunidades de Implementación de Sistemas BRT en el Área Metropolitana de Caracas.

Viendo las bondades que ofrece un sistema de transporte BRT para una ciudad cuyos corredores viales presentan problemas por congestionamiento, volúmenes altos de pasajeros y un tiempo de viaje alto y conociendo que dichos problemas se encuentran presentes en varios corredores del Área Metropolitana de Caracas, se seleccionó un corredor que reúne las condiciones necesarias para el desarrollo de dicho sistema y pueda, a lo largo del tiempo, brindar las soluciones esperadas ese sector.

4.7.1 Posibles corredores para implementación del Sistema BRT

Antes de entrar en una definición de los posibles corredores para la implementación de un sistema BRT en la ciudad de Caracas conviene hacer una breve reflexión sobre el sistema de transporte de la ciudad.

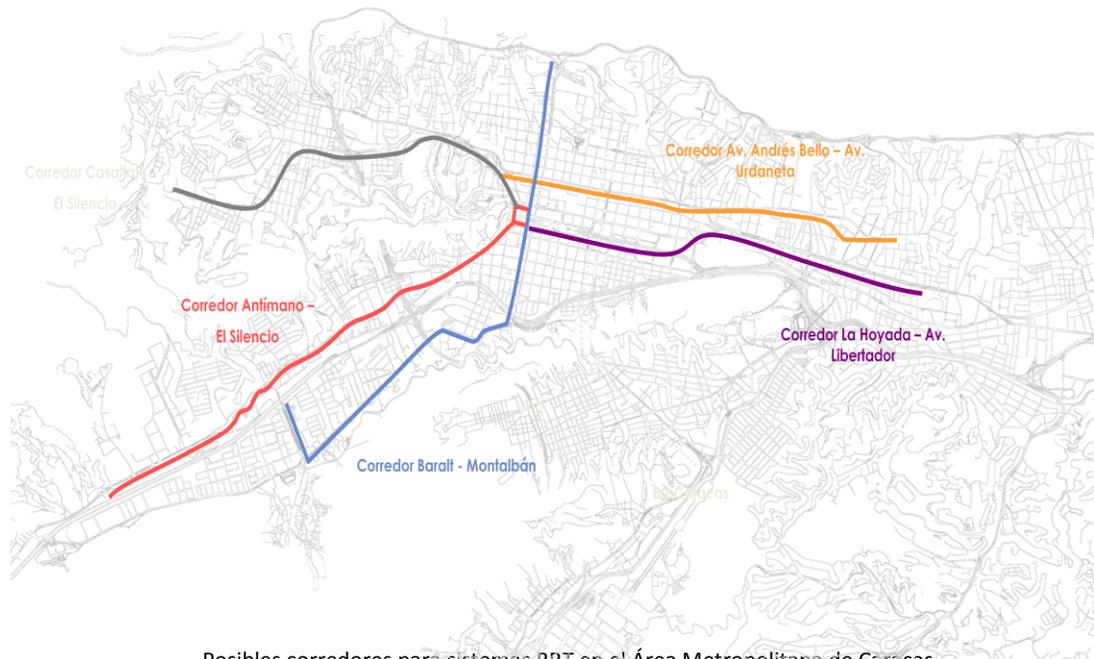
Un sistema es un conjunto de componentes delimitados e interconectados que funcionan para el logro de un objetivo común. Se sabe que el objetivo fundamental de un sistema de transporte público es el traslado eficiente, cómodo y seguro de sus usuarios entre los distintos sitios de la ciudad donde los mismos desarrollan sus actividades urbanas, facilitando la interacción entre estos y creando una armonía con el ambiente.

En el caso del Área Metropolitana de Caracas, en relación con la definición de un sistema de transporte público presentado anteriormente, resulta conveniente preguntarse si el transporte público actualmente vigente en la ciudad es un sistema. Esta interrogante puede responderse si se examinan los siguientes elementos que conforman un sistema integral de transporte público, tales como: vehículos, vías, estaciones, paradas, terminales, garajes, patios, talleres, sistema de control, sistema de boletería, sistema de energía, operadores y autoridades. La realidad es que no hay un verdadero sistema de transporte público en Caracas, esta afirmación parte del hecho de la existencia de componentes poco claros y bajo grado de interconexión tanto a nivel físico como organizativo. Buena parte del problema estriba en la carencia de una autoridad rectora en materia de transporte de la ciudad con la consecuente falta de trabajo en equipo de los diferentes actores pertenecientes a los sectores públicos y privados involucrados en la prestación del servicio de transporte.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Dentro de los múltiples corredores que pueden presentarse en el Área Metropolitana de Caracas que reúnen las características necesarias para la implementación de un sistema de transporte tipo BRT se encuentran los siguientes: Antímamo-El Silencio, Casalta-El Silencio, Av. Andrés Bello-Av. Urdaneta, La Hoyada-Av. Libertador y Av. Baralt-Montalbán. Esta selección es el resultado de estudios preliminares realizados con anterioridad por el grupo ALG en la oportunidad en la que se estudio el sistema Bus Caracas. Cabe destacar que, para garantizar el buen funcionamiento de una determinada red de transporte público, se deben evaluar los corredores como parte de un todo, de manera que puedan interconectarse entre sí para brindar continuidad del sistema, y previendo el debido sistema de rutas alimentadoras complementarias al sistema principal.



Posibles corredores para sistemas BRT en el Área Metropolitana de Caracas

Para cumplir con el objetivo de evaluar la factibilidad de implementación de un sistema BRT en un corredor de la ciudad de Caracas y ante las distintas alternativas disponibles, se ha seleccionado el corredor Av. Baralt-Montalbán. Entre las características que hacen apto este corredor para un sistema de esta naturaleza podemos destacar: una sección transversal de ancho suficiente, continuidad adecuada, alto volumen de transporte público y condiciones adecuadas de retorno para formar un circuito. Este corredor está planteado incluyendo las Avenidas: Baralt, Páez y Montalbán; no obstante para fines prácticos del trabajo, se enfocará sólo en la Av. Baralt.



4.7.2 Corredor seleccionado para el análisis

Corredor: **Av. Baralt**

Municipio Libertador

El corredor de la Av. Baralt se inauguró en el año 1962, se encuentra ubicado en la zona central de la ciudad de Caracas. Su longitud es de 3 Km y comienza en la parte norte desde las esquinas El Solitario con La Cruz, en el Distribuidor Baralt y concluye en las esquinas de Quinta Crespo con Punte Casacoima (parte sur) conectando finalmente mediante un distribuidor con la Autopista Francisco Fajardo. El mismo es un importante corredor norte-sur de la ciudad y de acuerdo a la clasificación de la red urbana es una avenida arterial de tres (3) canales por sentido y separador de ancho variable, con un total de 19 cuadras.



Vista de los canales que conforman la Av. Baralt

Para los efectos del presente análisis, se considerará el trayecto hasta la plaza Madariaga, a fin de considerar el retorno del circuito, con lo cual la longitud del corredor será de 3.5 Km y el circuito completo de 7.0 Km.

El uso del suelo a lo largo del corredor de la Av. Baralt es predominantemente mixto con zonas de comercio, oficinas públicas, oficinas privadas y en menor proporción zonas residenciales y de servicio.

La función principal de este corredor es brindar un importante eje vial de acceso de la zona central y de conexión con la zona este de la ciudad mediante la Av. Boyacá (Cota Mil). Los sectores este y oeste de la ciudad poseen conexión con la misma a través de la Av. Sucre, Av. San Martín y Av. José Antonio Páez. El resto de las conexiones se realizan mediante la Autopista Francisco Fajardo.

La sección transversal correspondiente al corredor presenta las siguientes conformaciones:



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

- ✓ Entre la calle 300 y la calle 500 la sección tiene una sola calzada de 19m de ancho con cuatro canales dispuestos en un solo sentido de circulación, de norte a sur.
- ✓ Entre la calle 500 y la calle Oeste 9 que es la mayor parte del corredor, la sección tiene dos calzadas que varían entre 8 y 9,5m de ancho, con separador central de 0,40m. la circulación es de doble sentido.
- ✓ Entre la calle Oeste 9 y el inicio de la Av. Boyacá, la sección tiene cuatro calzadas centrales con 7,2m de ancho cada una con un separador central de 1m. Las calzadas laterales tienen entre 7,4m y 8m de ancho con separadores laterales de 1,2m. La circulación es en doble sentido.¹

En cuanto la geometría, el corredor se desarrolla en una zona ondulada cuya pendiente se encuentra entre 3% y 6%. A lo largo del mismo no existen curvaturas horizontales críticas. El sistema de drenaje se encuentra favorecido en dirección norte-sur, encontrándose sumideros de ventana y reja a lo largo de su desarrollo.

Referente a las aceras, estas se encuentran dispuestas a ambos lados de la misma a lo todo lo largo con anchos variables de 3 m. a 7m. Los retiros son prácticamente nulos o restringidos por falta de continuidad. El acceso a todas las parcelas y propiedades se hace de manera directa desde la avenida. La avenida cuenta con 22 intersecciones, de la cuales 17 son semaforizadas.

La iluminación del corredor se encuentra ubicada a ambos lados de la vía entre las calles 300 y la Oeste 9, mientras que el final del corredor posee iluminación tanto en el centro como en los laterales.

El principal medio de transporte que presenta este corredor es el superficial, el cual es numeroso y conformado por diferentes tipos de unidades (buses, minibuses y camionetas). Existen 18 paradas ubicadas en ambos lados de la vía, las Líneas 1 y 4 del Metro de Caracas cruzan el corredor en la parte Norte, presta servicio a la zona central de la ciudad, y tienen estaciones ubicadas muy cerca de este corredor.

En cuanto a la contaminación, es evidente por los altos índices de congestionamiento, la presencia de contaminación sónica y ambiental.

¹ BARRIGA DALL'ORTO con apoyo de SOMELCA. Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas. Noviembre 2000. p.4-232



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Debido a las limitaciones de este trabajo para la realización de un estudio de demanda, se tomarán como referencia, los estudios realizados para el proyecto de Bus Caracas, dada su similitud con este corredor, en cuanto a la sección típica y volúmenes de tránsito, particularmente de la avenida Fuerzas Armadas. Se dispone de conteos mecánicos y clasificados en tres puntos de la Avenida que son Quinta Crespo, Sabana del Blanco y Oeste 13. Información levantada para el estudio de infraestructura vial y circulación realizado para Caracas por Fontur (Badallsa-Somelca) en el año 2000.



Vista del corredor de la Av. Baralt
Fuente: Estudio de Infraestructura y Circulación para AMC. Año 2000

4.7.3 Análisis de factibilidad de implementación del Sistema BRT

✓ Cálculo de Demanda

Como se indicó anteriormente, dadas la similitud entre el corredor de la Av. Baralt y el corredor del Bus Caracas, particularmente en lo que se refiere a los volúmenes y composición del tránsito, en la hora pico (2500 veh/hora/sentido) y porcentaje de transporte público (25%), se realizará una



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

correlación basada en la longitud de ambos corredores para estimar la demanda del corredor (Bus Caracas 5.1 Km / Corredor Baralt 3.5 Km), en tal sentido, siendo la demanda de Bus Caracas 12.000 pas/hora en la hora pico, la del corredor Baralt podríamos estimarla en 8.000 pas/hora en la hora pico para el diseño del sistema y una demanda diaria estimada de 80.000 pas/día. Cabe destacar que los estudios de demanda son relaciones empíricas que se aproximan a la realidad más no es un reflejo exacto de la situación presentada en el corredor ya que no es posible predecir las fluctuaciones que, por parte de los usuarios, ocurran en cada una de las estaciones, terminales e incluso dentro de las unidades.

✓ Estructura de la Red

Tomando en cuenta el área urbana como un conjunto y la continuidad que ofrece el corredor, se dispone el sistema tal como se observa en el plano de conjunto que se presenta a continuación.

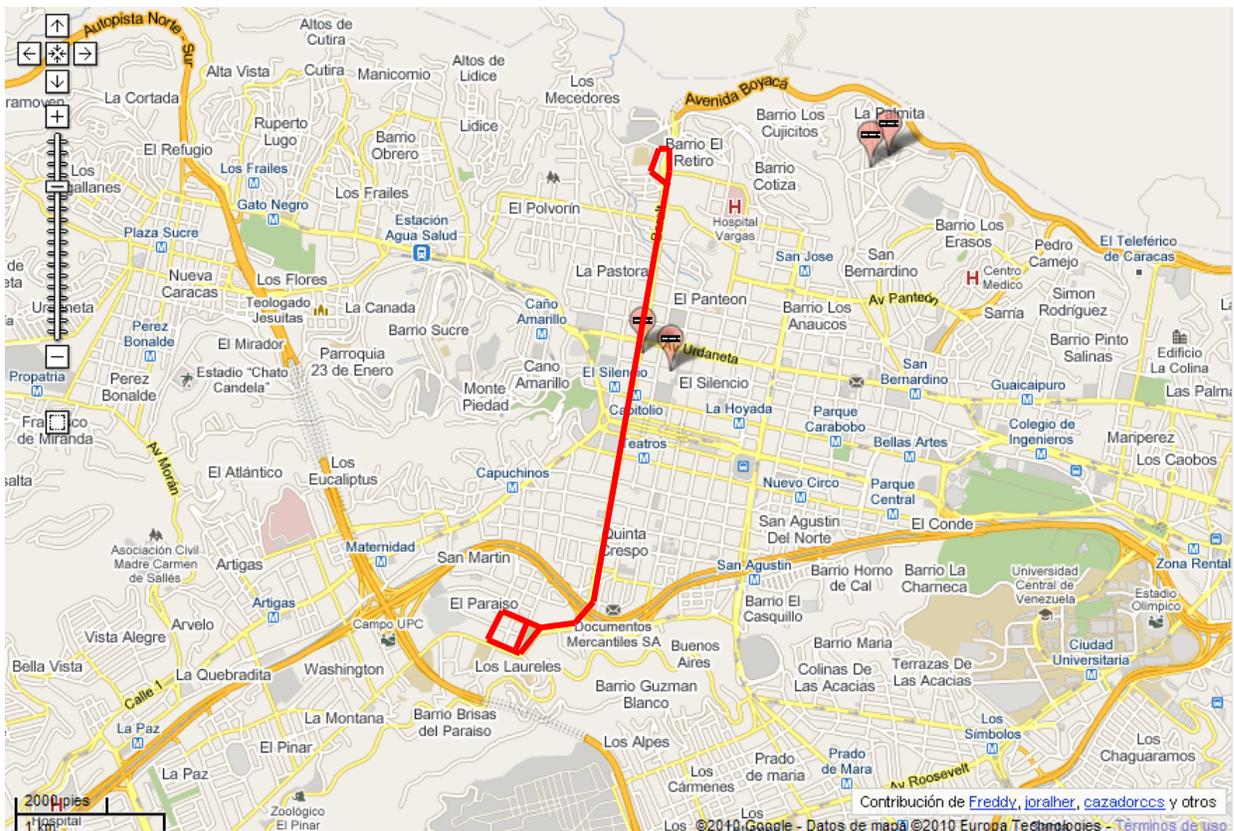


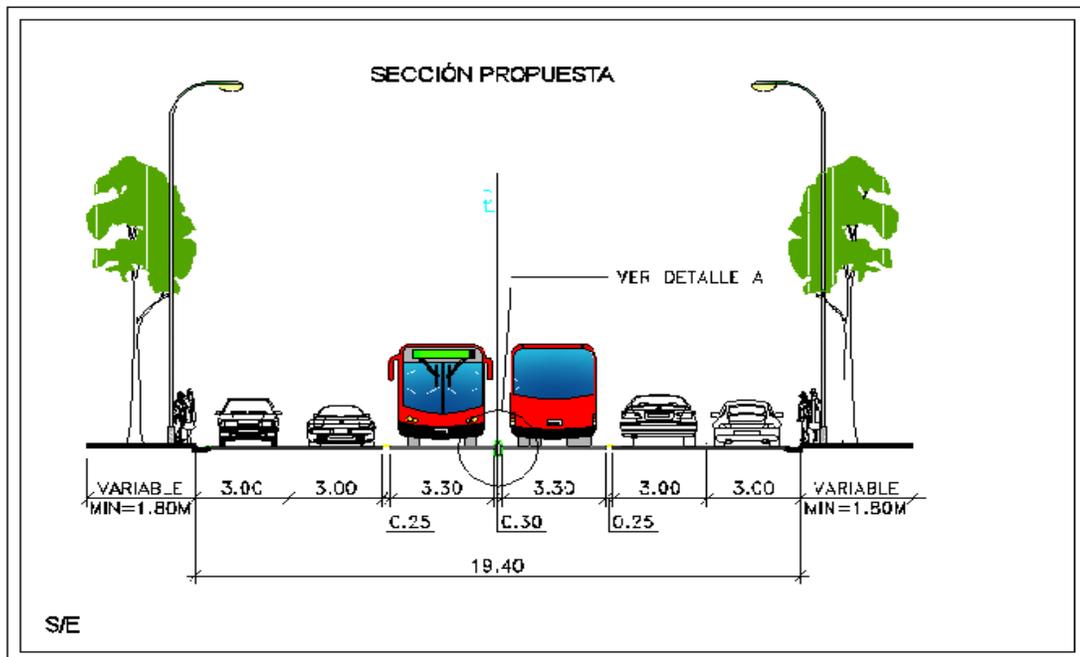
Fig. Esquema general del sistema a implementar



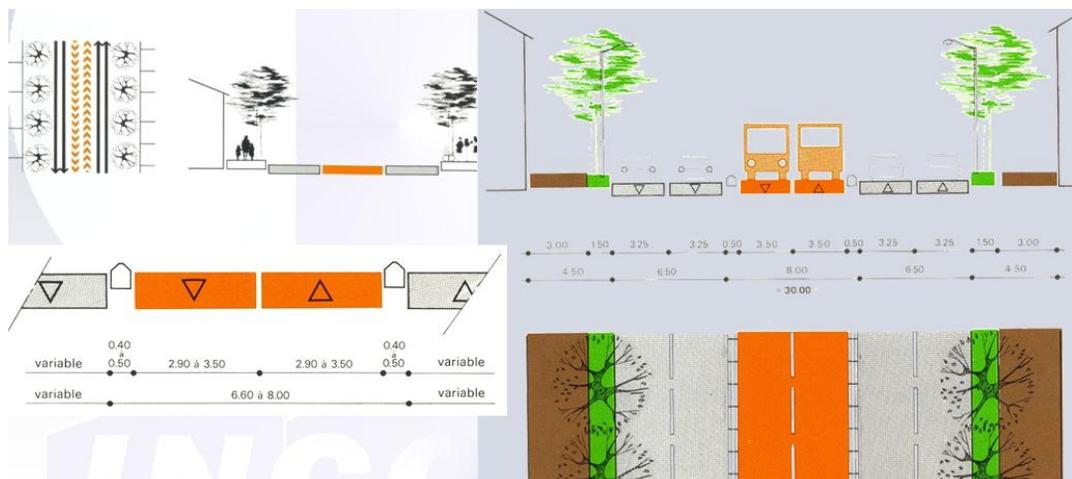
Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

✓ Vías

El sistema de canales exclusivos estará dispuesto en el centro de calzada ocupando los dos canales centrales, los dos canales adicionales ubicados a la derecha (en el sentido de circulación) serán utilizados por el tránsito de vehículos particulares, sin necesidad de afectar las aceras, a excepción de las cuadras donde estarán localizadas las estaciones, donde se afectará las aceras al mínimo para lo cual se hará una redistribución de los anchos de canales. Así mismo, se tomó en cuenta los sitios donde se realizarán los retornos para darle continuidad al circuito. A continuación se presenta un ejemplo de sección transversal típica para este corredor



Sección típica propuesta para el corredor



Esquema general de la sección transversal del sistema para la Av. Baralt



✓ **Vehículos**

El diseño operativo de un sistema de transporte es un cálculo especializado, que requiere de información suficiente sobre la demanda en cada estación, lo cual escapa del alcance de este trabajo; no obstante, podemos hacer algunas estimaciones razonables, a fin de hacer una aproximación al dimensionamiento del sistema. En tal sentido, para definir la flota necesaria, es decir la cantidad de autobuses que se requieren para el funcionamiento del sistema, tenemos lo siguiente:

Velocidad promedio de recorrido: 25 Km/hora

Longitud total del circuito: 7 Km

Frecuencia: 2 min

Total paradas en el circuito: 12

Tiempo del ciclo: Tiempo de recorrido + Tiempo en paradas

Tiempo del ciclo: 16.8 min + 24.0 min = 40.8 min

Flota = $\text{Ciclo} / \text{Frecuencia} = 40.8 / 2 = 20.4$ unidades

Luego sería necesario verificar si con esta flota podría cubrirse la demanda, en la hora pico, pero como dijimos anteriormente, no contamos con la información necesaria para realizar el correspondiente cálculo.

No obstante, dado lo anterior podríamos afirmar que se puede operar el sistema para las condiciones preestablecidas, con una flota de 20 autobuses articulados de 150 pasajeros (más 2 de reserva para las contingencias).

Flota Total : 22 unidades.



Fig. Modelo de autobús articulado



✓ Estaciones y Terminales



Lugar disponible para la construcción de una posible estación

La localización de las estaciones está basada en la premisa de los sitios generadores de viaje como es por ejemplo la Plaza Miranda y sus cercanías y el Mercado de Quinta Crespo, zona de importancia comercial del corredor, así como también la disponibilidad física del entorno y acceso a estaciones de transferencia para el intercambio modal.

Las estaciones intermedias fueron ubicadas para garantizar que la separación de las mismas no sobrepase los 500m. La disposición de las estaciones se encuentra representada en el plano anexo al presente trabajo.

Los terminales fueron analizados en función de la disponibilidad de espacio y las condiciones geométricas de la vía. Se consideró un punto de retorno del sistema ubicado en la parte sur del corredor, disponiéndose alrededor de la Plaza Madariaga donde se plantean dos opciones, la primera contempla una trayectoria más larga adaptada al actual flechado de la zona; la segunda haciendo el retorno alrededor de la plaza, lo cual sería más conveniente desde el punto de vista del sistema por tener una menor longitud de recorrido, no obstante debería ser validada con estudios de tránsito que evalúen las posibilidades del cambio de flechado. Ambas opciones se presentan en el esquema siguiente:

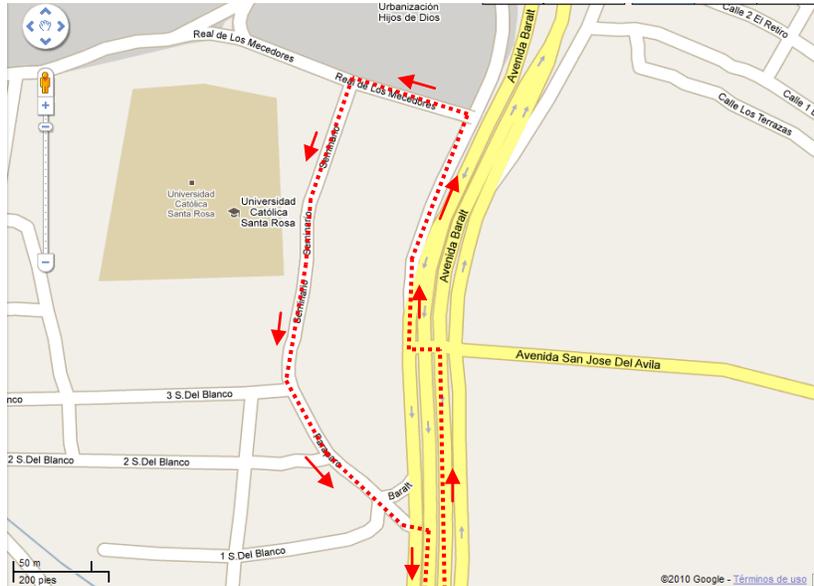


Localización de posible retorno en la Plaza Madariaga (sector sur)



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

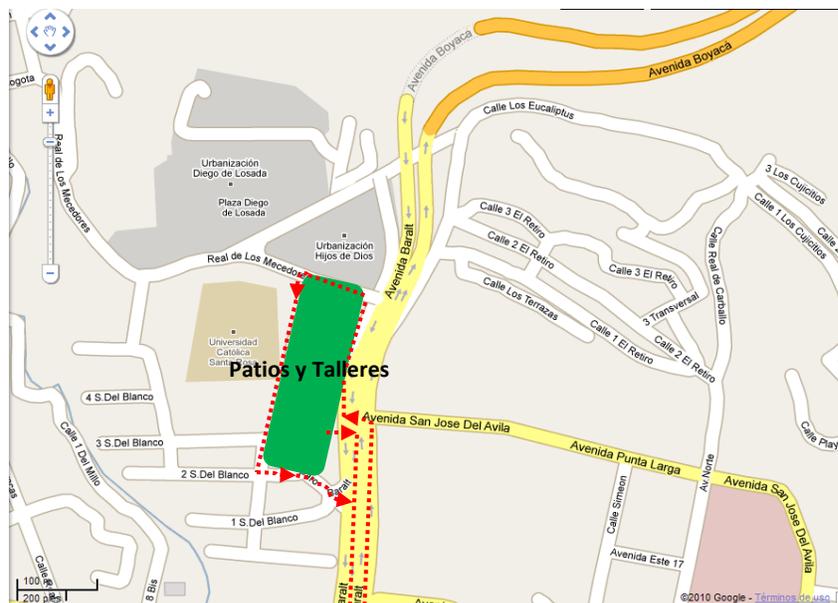
Así mismo se considera el siguiente punto de retorno en la parte norte del sistema:



Localización de posible retorno (sector norte)

✓ Patios y Talleres

Los patios y talleres fueron ubicados luego de un análisis del espacio disponible a lo largo del corredor, en la parte norte del corredor entre la Av. Punta Larga y la Av. San José del Ávila. De la misma forma su representación espacial se encuentra en el plano que se presenta a continuación.



Localización de Patios y Talleres en el sector Norte del corredor.



✓ **Sistemas de Suministro de Energía**

El suministro de energía será establecido con base a gas natural, cumpliendo con los requerimientos de la normativa nacional vigente, por lo tanto se dispondrá de los surtidores correspondientes para tal fin en los patios y talleres del sistema.

✓ **Centro de Control**

El centro de control encargado de monitorear el sistema estará proporcionado por la tecnología de exploración tipo SAE, el cual gestiona en tiempo real el funcionamiento tanto de los vehículos como de los operadores y el análisis de transmisión posterior de datos mediante el sistema GPS. Cada unidad estará conectada al centro y será supervisada durante las horas de operación del sistema.



Fig. Esquema del funcionamiento de la tecnología satelital



✓ **Boletería**

La venta de boletos será por medio de tarjetas electrónicas pre-pagadas y recargables, tanto dentro de las estaciones y fuera de las mismas en kioskos y establecimientos debidamente identificados. El costo del mismo será propio y único del sistema. Los equipos que validarán las mismas estarán dispuestos dentro de las unidades ya que la geometría de las estaciones no permite su colocación dentro de estas.



Máquinas validadoras de tarjetas electrónicas

✓ **Operadores y Organismos de Recaudo**

Los operadores, así como los organismos de recaudo, deben estar bajo la tutela de una autoridad única, la cual será responsable de la organización, operación, mantenimiento y control administrativo del sistema.

✓ **Información al Usuario**

Por la geometría de las estaciones, la información suministrada al usuario se hará por medio de marquesinas, las cuales indicarán el tiempo de llegada de los autobuses a la parada; del mismo modo se dispondrán de mapas del sistema, itinerarios, paradas, estaciones, tarifas y terminales, así como también proximidad de las estaciones con rutas adyacentes de transporte público convencional y ubicación del sistema subterráneo Metro, todo esto con el fin de garantizar la información necesaria para que el usuario pueda desplazarse con comodidad evaluando sus opciones más favorables.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

BRT Av. Baralt	
Tipo de Sistema BRT	Exclusivo
Longitud (Km)	3,5
Estaciones	5 (2 terminales)
Demanda en la hora pico (pas/h)	8.000
Pasajeros movilizados por día	80.000
Velocidad promedio (Km/h)	25
Frecuencia (seg)	120
Costo del Pasaje (\$)	0,2
Costo Total de Implementación del Sistema (\$)	22.750.000
Costo de Implementación del sistema por kilómetro (\$/Km)	6.500.000





CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“El asunto es el problema; la forma, la solución”

Friedrich Hebbel
Dramaturgo y Poeta Alemán

La crisis del sistema de transporte urbano, la congestión y los largos tiempos de viajes han alcanzado en las últimas décadas un nivel crítico en la historia de las ciudades modernas, debido al aumento significativo de los vehículos de uso particular y la baja calidad del servicio de transporte público.

La gravedad de la situación descrita ha generado la búsqueda de acciones que permitan alcanzar un sistema de transporte público sostenible, económico y viable; incluso que permita a los usuarios no sólo llegar a su destino, sino que lo logren de manera rápida, cómoda y en un tiempo menor, optimizando el acceso a los lugares de trabajo y a diversos servicios sin afectar la salud del usuario o el ambiente, sin discriminación y con las mismas oportunidades para todos.

Con la intención de buscar soluciones al problema planteado, un gran número de ciudades a nivel mundial emprendieron estudios que generaron proyectos cuyo objetivo principal es el diseño de un sistema de transporte público eficiente y así mejorar las condiciones de movilidad de las ciudades. Estos diseños son capaces de ofrecer un servicio de calidad, minimizar el uso de sistemas de transporte privado y contribuir a la reorganización y conservación de un ambiente sustentable. Actualmente, ciudades como Curitiba, Bogotá, Los Ángeles, Ottawa, Beijing, Estocolmo, Paris, Chile, Santiago, México entre muchos otros han desarrollado o están en proceso de construcción de un sistema de autobuses integrado y que cumpla con las condiciones de un servicio rápido, confiable, seguro y estable, conocidos como Bus Rapid Transit (BRT), sistema que no sólo ayuda a reorganizar el sistema de transporte sino que brinda la posibilidad de crear un nuevo modelo de transporte público.

Dentro de las características fundamentales que han logrado el éxito del sistema BRT en diversas ciudades del mundo están, la exclusividad en las vías para un transporte masivo, los cuales son operados a través de una tecnología de vanguardia amigable con el ambiente, que se presta con autobuses modernos de gran capacidad junto con el diseño de estaciones aptas para un embarque y desembarque sencillo y rápido, lo que a su vez permite una



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

recuperación del espacio público. La exclusividad de la empresa operadora ha creado una organización sistemática que permite el beneficio de todos aquellos involucrados, estableciéndose nuevas oportunidades de empleo que permiten el desarrollo de los ciudadanos.

La estructura tronco-alimentadora de los sistemas BRT y la construcción de estaciones de transferencias que permiten los cambios en los modos de transporte, ha permitido un amplio acceso a diversos sitios de manera ordenada y coherente, lo que permite al usuario gozar de un tiempo de viaje corto y que a su vez le brinde seguridad y confort en el trayecto. Con este esquema, se ha establecido el control de las operaciones así como también el mantenimiento del mismo, con lo cual se garantiza que con el transcurso de los años el sistema siempre preste un servicio de calidad, y de la mano con la tecnología, mejore con el pasar del tiempo.

La visión de los sistemas BRT se ha traducido en beneficios importantes para cualquier ciudad, ya que la disminución de la circulación de vehículos ha permitido que los niveles de congestión disminuyan favorablemente, incrementando el comercio, disminución de los tiempos de viajes, menor consumo de energía, reducción en la contaminación tanto del ambiente como sónica, acceso a todo tipo de personas sin importar edad o condición física, regularidad y confiabilidad del servicio entre muchos otros aspectos.

Luego de reconocer y analizar las características y bondades que estos sistemas pueden ofrecer, se puede decir que la ciudad de Caracas puede ser candidata a disfrutar de los mencionados beneficios, ya que una posible reestructuración del sistema de transporte público urbano que opera en la ciudad, significaría una mejora en la calidad de vida de los caraqueños, un aporte al desarrollo social y económico y por supuesto, un desarrollo sustentable de la industria del transporte público.

A grandes rasgos, se establecen los lineamientos generales para la implementación de este sistema de transporte en la ciudad, tomando en cuenta que se necesita una solución económicamente viable que ayude al problema de congestión vehicular que azota diariamente no sólo a la ciudad capital sino a otras ciudades de gran importancia para Venezuela.

La operación de estos sistemas debe establecer su prioridad en la vía con autobuses de gran capacidad, lo cuales estén constantemente



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

monitoreados lo que hará un llamado a la planificación y programación de cada una de las rutas; así también, se debe ofrecer estaciones acordes al entorno, brindándole al usuario no sólo la facilidad de integración modal sino un sistema atractivo y amigable.

Cabe destacar que el BRT ofrece una gran cantidad de ventajas, pero así mismo presenta, como todo, sus limitaciones, por lo cual para poder obtener su mejor provecho es fundamental contar con un órgano rector único que logre integrar todos los entes gubernamentales, estatales y municipales para que logren realizar una gestión conjunta que permita el buen desarrollo del mismo y así obtener la mayor cantidad de beneficios que el mismo ofrece.

El aporte del presente trabajo de investigación es promover el conocimiento de este tipo de sistemas innovadores, que pueden brindar una solución económicamente variable para las ciudades de Venezuela que presenten problemas de congestionamiento vial. Es importante señalar que los resultados obtenidos para el diseño de un corredor ejemplo son de carácter académico e ilustrativo para la mejor comprensión del funcionamiento del sistema.

El establecimiento de una solución para el problema que día a día se vive en las ciudades de Venezuela debe ir de la mano con una planificación y un Plan Rector que permita establecer la ciudad que queremos ver y disfrutar en un futuro.

“(Para la implementación de una red integrada o BRT se requiere) primero convencer a los mandatarios, (a las) cámaras de la producción y operadores de transporte, y (a los) usuarios de que es una necesidad de la ciudad y que estos sistemas benefician a todos. En segundo lugar, se necesita un buen equipo técnico, especialmente, personas que hayan implantado sistemas de este tipo, conjuntamente con técnicos locales (...) que actúen como participantes directos locales. (Y,) en tercer lugar, es necesario tener una gran capacidad de implantación del sistema y su posterior gestión. Los cambios implican siempre resistencia y aprendizaje de usuarios y operadores y gestores” (experto responsable de la implantación de la red de Quito).²

² MUNDÓ, Josefina. Tesis Doctoral. 2007 p. 284



BIBLIOGRAFÍA

Always in the fast lane in BRT Systems with Voith DIWA transmissions.
Voith Turbo GmbH & Co. Heidenheim, Alemania. [En Línea]. (04/05/10)

Disponible en:

www.voithturbo.com

AMENEIRO, Roberto; GULARTE, Javier. ***Movilidad, Desarrollo de Infraestructura [presentación].*** Programa de Formación Especializada en Alta Gerencia. Grupo AM.

ARDILA, Arturo. ***Curitiba: una historia de cambio en la ciudad y en los planes.*** Tercer curso de gestión urbana para Latinoamérica. Lima, Perú. 2003. [En Línea]. (10/07/10)

Disponible en:

www.info.worldbank.org/.../Arturo%20Ardila%20Curitiba%20historia%20de%20cambio.pdf

Avanzando con Trolmería [Folleto]. Gobernación del estado Mérida. Mérida, Venezuela. 2003

BARRIGA DALL'ORTO, con apoyo de Somelca. ***Estudio Integral de Transporte del Área Metropolitana de Caracas.*** Estudio de Infraestructura Vial y de Circulación. 2000.

BAUSTITA, Maria E. ***Sustainable Transport and Clean Air for Cities: Bus Rapid Transit System.*** Asian Development Bank Headquarters. 2005. [En Línea]. (14/05/10)

Disponible en:

www.cleanairnet.org

BONSALL, John. ***Bus Rapid Transit, The Defining Elements of a New Way to Go.*** MRC Mclean Hazel. [En Línea]. (24/05/10)

Disponible en:



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

<http://path.berkeley.edu/informationclearinghouse/planning/overview.html>

Boston Silver Line Washington Street, Bus rapid Transit (BRT). Federal Transit administration & united State Department of Transportation. 2005. [En Línea]. (02/08/10)

Disponible en:

www.nbrti.org/media/.../Boston_Silver_Line_final_report.pdf

Brisbane Busway. [En Línea]. (24/08/10)

Disponible en:

<http://www.chinabrt.org/en/cities/brisbane.aspx>

BRT for New York City. [En Línea]. (24/08/10)

Disponible en:

<http://departments.oxy.edu/uepi/uep/studentwork/06comps/AGrinbergCompsPresentation.pdf>

BRT Information and maps. Amsterdam Zuidtangent BRT. [En Línea]. (24/08/10)

Disponible en:

<http://www.chinabrt.org/en/cities/amsterdam.aspx>

Bus Caracas: Proyecto de Corredor de Transporte: Resumen Ejecutivo. MTBS Ingeniería y Construcción. Alcaldía del Municipio Libertador. Caracas, Venezuela. 2006.

Bus Rapid Transit. SYSTRA. Paris, Francia. [En Línea]. (23/07/10)

Disponible en:

www.systra.com

Bus Rapid Transit del Este de la Bahía. Distrito de Tránsito de Alameda-Contra Costa. 2007. [En Línea]. (09/09/10)

Disponible en:

www.patkernighan.com/News/June07/1453_Spanish_web.pdf



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Bus Rapid Transit - Not for New Jersey. [En Línea]. (14/08/10)

Disponible en:

<http://www.nj-arp.org/brt2.html>

Bus Rapid Transit: Shows Promise. United States General Accounting Office Report to Congressional Requesters. GAO. 2001. [En Línea]. (14/09/10)

Disponible en:

www.gao.gov/new.items/d01984.pdf

Buses as Rapid Transit, a transport revolution in waiting. BRT U.K. Edinburgh, England. [En Línea]. (02/05/10)

Disponible en:

www.brtuk.org/downloads/brochure_may_2007.pdf

CANALES, Cristian. ***Public Transport Policies in Europe: Implementing Bus Rapid Transit Systems in Major European Cities.*** University of Catalonia. 2006. [En Línea]. (14/07/10)

Disponible en:

www.etcproceedings.org/paper/download/1783

CASTRO, Angélica. ***Ejemplos de BRT's en Latinoamérica y el Mundo.*** Red de Transporte Sustentable NESTLAC. Guatemala. Ciudad de Guatemala. 2008. [En Línea]. (08/07/10)

Disponible en:

http://nestlac.org/TallerBRT/EjemplosBRT_Castro.pdf

CERVERO, Robert. ***Public Transport and Sustainable Urbanism: Global Lessons.*** University of California, Berkeley, U.S.A. Science Council of Japan. 2006. [En Línea]. (12/06/10)

Disponible en:

www.uctc.net/papers/806.pdf



CHANG, Jason. ***BRT Developments in China***. Pre-Conference Workshop, Sustainable Transport and Cities: Improving Transit Systems. Taiwán, China. 2005. [En Línea]. (18/06/10)

Disponible en:

www.cleanairnet.org/caiasia/1412/articles-59535_BRT_china.pdf

Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision Making. [En Línea]. (08/05/10)

Disponible en:

http://www.nbrti.org/docs/pdf/Characteristics_BRT_Decision-Making.pdf

Curitiba, Brazil. BRT Case Study. [En Línea]. (18/09/10)

Disponible en:

www.gulliver.trb.org/publications/tcrp/tcrp90v1_cs/Curitiba.pdf

CURRIE, Graham. ***Bus Rapid Transit in Australasia: Performance, Lessons Learned and Futures***. Monash University. 2006. [En Línea]. (07/07/10)

Disponible en:

<http://www.nctr.usf.edu/jpt/pdf/JPT%209-3S%20Currie.pdf>

DANIELSSON, Peter; JOBSON, Edward. ***Volvo Bus Corporation Buses*** (presentación). VOLVO. 2006. [En Línea]. (26/09/10)

Disponible en: www.oslopakke2.no/filestore/volvo.pdf

DEMERY, Leroy. ***Bus rapid Transit in Curitiba, Brazil-An Information summary, special report no. 1***. Vallejo, USA. 2004. [En Línea]. (12/06/10)

Disponible en:

www.publictransit.us/ptlibrary/specialreports/sr1.curitibaBRT.pdf

Entre Rayas, La Revista de Arquitectura. Edición: Mayo-Julio 2004. nro. 49

Explore Bus Rapid Transit in Los Angeles. [En Línea]. (10/08/10)

Disponible en:

<http://departments.oxy.edu/uepi/uep/studentwork/06comps/AGrinbergCompsPresentation.pdf>



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

GONSALVES, Jack. ***Diseño e Ingeniería de Infraestructura de BRT***. Parsons Brinckerhoff. Seminario Internacional de Transporte y Tránsito. [En Línea]. (18/06/10)

Disponible en:

www.cuenca.gov.ec/sitt2006/html/download/03_02.pdf

Guía de Planificación de Sistemas BRT, Autobuses de Tránsito Rápido.

Institute for Transportation & Development Policy. New York, USA. 2010. [En Línea]. (18/06/10)

Disponible en:

[www.itdp.org/.../BRT%20Guide%20Spanish%20\(Introduccion\).pdf](http://www.itdp.org/.../BRT%20Guide%20Spanish%20(Introduccion).pdf)

Gold Coast Public Transport Alliance. [En Línea]. (14/06/10)

Disponible en:

http://www.stoplightrail.com/documents/gcpta_councilpres_200804.pdf

GUTIERREZ, Daniel. ***El Modelo Coreano de Movilidad Total “La Experiencia de Seúl, Corea”***. Vitesse. México. 2009. [En Línea]. (12/09/10)

Disponible en:

<http://www.congresotransportesustentable.org/ponencias5/Modelo%20Coreano%20de%20Movilidad%20Total.pdf>

HATTON, Kylie. ***Cape Town’s integrated Rapid Transit (IRT) System.*** City of Cape Town. 2009. [En Línea]. (14/06/10)

Disponible en:

www.capetown.gov.za/irt

HESSE, Rainer. Bus ***Rapid Transit: Worldwide Success of a Modular Toolbox.*** Association for European Transport and Contributors. 2005. [En Línea]. (16/05/10)

Disponible en:

www.etcproceedings.org/paper/download/220

Historia del Transporte en Venezuela. [En Línea]. (04/05/10)

Disponible en:

<http://usuarios.multimania.es/acuatro4/movilidad/travenezuela.htm>



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Implementación del sistema BRT por ciudad. [En Línea]. (12/05/10)

Disponible en:

http://en.wikipedia.org/wiki/Implementation_of_bus_rapid_transit_by_country

Innovations in transit service & operations. [En Línea]. (25/07/10)

Disponible en:

<http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/1566/section%204.pdf.txt;jsessionid=B406BDD415778D3D23C7A7C49517FB0D?sequence=20>

JAMES, David. *Ottawa's Transitway: From Busway to Light Rail.* The University of Calgary. 2008. [En Línea]. (14/10/10)

Disponible en:

www.homepages.ucalgary.ca/~dpjames/mdp/david_james-mdp-final.pdf

KOONCE, Peter. **Transit Signal Priority Implementation Scenarios.** Bus Rapid Transit Workshop. Portland, Oregon USA. 2006. [En Línea]. (13/08/10)

Disponible en:

www.path.berkeley.edu/PATH/Publications/.../PRR-2008-04.pdf

Lagos BRT-Lite: Africa's First Bus Rapid Transit Scheme. Lagos BRT-Lite Summary Evaluation Report. 2009. [En Línea]. (23/09/10)

Disponible en:

www.bhls.eu/IMG/.../BRT_Lite_Summary_Report_FINAL_V2.pdf

Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority. [En Línea]. (22/08/10)

Disponible en:

http://en.wikipedia.org/wiki/Los_Angeles_County_Metropolitan_Transportation_Authority

Los Cambios en los Sistemas de Transporte Masivo (SITM) en Ciudades de América Latina. Facilitación del Comercio y el Transporte en América Latina y el Caribe, Boletín FAL. Edición Nro. 259. 2008. [En Línea]. (09/08/10)

Disponible en:

www.cepal.org



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Mass Transit, Bus Rapid Transit, Shows Promise. [En Línea]. (16/06/10)

Disponible en:

<http://www.gao.gov/new.items/d01984.pdf>

MATSUMOTO, Naoko. **Analysis of policy processes to introduce Bus Rapid Transit Systems in Asian cities from the perspective of lesson-drawing: cases of Jakarta, Seoul, and Beijing.** Institute for Global Environmental Strategies. [En Línea]. (12/07/10)

Disponible en:

www.iges.or.jp/en/ue/pdf/activity03/BAQ_IGES_Ma.pdf

Metrobus: Ciudad de México. [En Línea]. (12/06/10)

Disponible en:

www.siacsa.com/pdf/brt_metrobus_mx.pdf

Metro Rapid, Los Angeles United States. [En Línea]. (05/08/10)

Disponible en:

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:MetroRapidmap.png>

Mobility for Public Transit and BRT. Volvo. Göteborg, Suecia. 2006

MOBEREOLA, Dayo. **Lagos Bus Rapid Transit. Sub-Sahara Africa Transport Policy Program.** Lagos, Nigeria. 2009. [En Línea]. (17/08/10)

Disponible en:

www.siteresources.worldbank.org/EXTAFR/SUBSAHTRA/.../DP09-Lagos-BRT.pdf

MOSCOVICH, José L. **BRT en San Francisco como parte del Programa de Soluciones Coordinadas de Transporte.** Seminario de Transporte de Donostia-San Sebastián. San Francisco, Estados Unidos. [En Línea]. (12/08/10)

Disponible en:

www.eaj-pnv.eu/documentos/documentos/7922.pdf



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

MUNDÓ, Josefina. **Definición de un Modelo Conceptual para el Sistema de Transporte Público del DMC.** [Tesis Doctoral]. Universidad Central de Venezuela. 2007.

NEWMAN, Rodolfo. **Simulación de Interacción entre el Funicular del Chama, sus Rutas Alimentadoras y sus Usuarios.** Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 2005.

OC Transpo. [En Línea]. (12/08/10)

Disponible en: <http://www.octranspo1.com/>

Ottawa's Transitway. [En Línea]. (14/08/10)

Disponible en:

http://homepages.ucalgary.ca/~dpjames/mdp/david_james-mdp-final.pdf

PARDO, Carlos Felipe. **Integración Modal con BRT.** Guatemala.2008. [En Línea]. (14/08/10)

Disponible en:

http://nestlac.org/TallerBRT/IntegracionModal_Pardo.pdf

PÉREZ F., José E. **Surgimiento y consolidación de sistemas BRT de Tercera Generación en América Latina.** Seminario Operación, Administración, gestión, Financiamiento de Empresas de Transporte Urbano y Metropolitano. México, Cancún. 2007. [En Línea]. (13/06/10)

Disponible en:

www.sedesol2009.sedesol.gob.mx/.../19_Presentacion_BRT_JEP_Cancun.pdf

PERTIERRA, José L. **Plataformas Reservadas.** II Foro de la Movilidad Región de Murcia. FENEBUS. 2009. [En Línea]. (18/08/10)

Disponible en:

www.entidadpublicadeltransporte.es/.../NEBUS_FORO_MOVILIDA_Murcia_sept_2009_v_0_Jo2.pdf



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

PINHEIRO, Clodualdo. **Curitiba, una Experiencia Continua en Soluciones de Transporte**. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Curitiba, Brasil. 2005. [En Línea]. (13/07/10)

Disponible en:

www.planum.net/topics/documents/curitiba.pdf

PINTO, Carlos C. Sesión **6: Plataformas Reservadas. Sistemas de Autobuses en Plataforma Reservada**. Foro de Movilidad, región de Murcia. Madrid, España. [En Línea]. (12/08/10)

Disponible en:

www.ctm-madrid.es

Plan de Transporte Público a Corto Plazo para METROMAR, Maracay, Venezuela. ATE Management & Service Company. Cincinnati. U.S.A.

Planificación del Transporte Colectivo: METROMAR, plan de acciones a corto plazo. ATE Management & Service Company. FONTUR. Caracas, Venezuela. 1993.

PORTER, Gabites. **Auckland: the North Shore Busway Evaluation**. 21st Annual South African Transport Conference. South Africa. 2002. [En Línea]. (12/08/10)

Disponible en:

www.repository.up.ac.za/upspace/bitstream/2263/7880/1/087.pdf

RALL, Chris. **Bus Rapid Transit for the Humboldt Bay Region**. Green Wheels. Arcata, USA. 2008. [En Línea]. (12/06/10)

Disponible en:

<http://www.green-wheels.org/brt/feasibilitycall>

ROUEN, FRANCE – BRIEF. TEAR Optically Guided Bus. [En Línea]. (15/08/10)

Disponible en:

www.onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/tcrp/tcrp90v1_cs/Rouen.pdf



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Seguimiento de la Demanda. Empresa de Transporte del tercer Milenio, Transmilenio S.A. Bogotá, Colombia. 2010. [En Línea]. (13/05/10)

Disponible en:

www.redbogota.com/endatos/entidades/transmilenio.pdf

SHAH, Bhavik. **Bus Rapid Transit: a Sustainable Approach to Mass Transit.** 2002. [En Línea]. (17/08/10)

Disponible en:

www.physics.rutgers.edu/~kotliar/.../Bus%20Rapid%20Transit.ppt

Silver line, Los Angeles United States. [En Línea]. (13/08/10)

Disponible en:

<http://www.thetransportpolitic.com/wp-content/uploads/2009/12/Silver-Line-Service.jpg>

TANN, Helen. **Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision Making.** United States Department of Transportation & federal Transit administration. University of South Florida, Tampa. USA. 2009. [En Línea]. (17/08/10)

Disponible en:

www.nbrti.org/.../Low%20Res%20CBRT%202009%20Update.pdf

Transit Technologies. Backgrounder, The Big Move. 2008. [En Línea]. (13/07/10)

Disponible en:

www.metrolinx.com/.../PP%2008-013%20Draft%20RTP%20-%20Appendix%20A.pdf

Transport Est-Ouest Rouennais, Roenun Frances. [En Línea]. (12/06/10)

Disponible en:

http://en.wikipedia.org/wiki/Transport_Est-Ouest_Rouennais

Trend and Objectives in Sweden. TYRENS. 2009. [En Línea]. (14/08/10)

Disponible en:

www.naturvardsverket.se/Documents/.../978-91-620-8324-3.pdf



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Un sistema de Transporte Masivo de Alta Capacidad y Bajo Costo.

Transmilenio S.A. Bogotá, Colombia. [En Línea]. (19/07/10)

Disponible en:

www.nestlac.org/Consulta/TransmilenioBogota.pdf

Vizag, Bus Rapid Transit System. Greater Visakhapatnam municipal Corporation. 2007. [En Línea]. (13/09/10)

Disponible en:

www.cleanairnet.org/caiasia/.../articles-59592_vishakapatnam.pdf

Vocabulario Vial. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Dirección General de Vialidad Terrestre. 1977

WRIGHT, Lloyd. ***Bus Rapid Transit. University College London.*** Eschborn, England. 2005. [En Línea]. (16/08/10)

Disponible en:

www.uncrd.or.jp/env/est/.../BRT.../1-2_Introduction_to_BRT.pdf



REFERENCIAS DE IMÁGENES

Pág.7: (Congestionamiento Vehicular en Caracas, Venezuela). (14/05/10)

Imagen disponible en:

http://prodavinci.com/sistema/wp-content/uploads/2009/11/traffic_congestion.jpg

Pág.17: (Congestión en Transporte Público). (02/05/10)

Imagen disponible en:

<http://www.7medios.com/wp-content/uploads/2010/06/transporte-publico.jpg>

Pág.20: (BRT de la Ciudad de Quito, Ecuador). (15/05/10)

Imagen disponible en:

http://4.bp.blogspot.com/_n1xihjaCedM/R9OCovrMTFI/AAAAAAAAAIA/9xC-AxXjEyc/s320/BRT.jpg

Pág.21: (Prototipo autobuses Nova Volvo para BRT U.S.A). (24/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.novabus.com/documents/images/brt.jpg>

Pág.22: (Sistema BRT en Beijing, China). (12/05/10)

Imágenes disponibles en:

www.chinapage.com/transportation/brt/bjbrt.html

Pág.28: (BRT de Sao Paolo, Brasil). (08/08/10)

Imagen disponible en:

<http://onibusbrasil.com/m1/photos/c6b79b6d9c3c54d174367e3312c12402.jpg>

Pág.29: (Sistema BRT Transjakarta, Japón). (17/06/10)

Imagen disponible en:

http://www.itdp.org/images/projects/project-updates-jakarta_brt_20040201-content1.jpg



Pág.31: (BRT en Delhi, India). (18/09/10)

Imagen disponible en:

<http://thecityfix.com/files/2008/05/delhi-brt.jpg>

Pág.33: (Planificación de la Calle Juan B Buenos Aires, Argentina)NK.
(29/07/10)

Imagen disponible en:

<http://www.tuverde.com/imagenes/2010/03/render-BRT-juan-b-justo-buenos-aires-2.jpg>

Pág.34. (Planificación de la Calle Humboldt Bay Region). (29/07/10)

Imagen disponible en el documento: "Bus Rapid Transit for the Humboldt Bay Region, a call for feasibility study"

Pág.42: (BRT en Leeds, Reino Unido). (18/05/10)

Imagen disponible en:

http://www.buszone.co.uk/Streetcar%5E061005_02.jpg

Pág.44: (BRT en Ciudad de Guatemala, Guatemala). (07/06/10)

Imagen disponible en:

<http://www.skyscraperlife.com/transportes-y-comunicaciones-la/35667-mejor-brt-de-america-central.html>

Págs.46: (BRT de Los Ángeles, U.S.A). (16/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.nbrti.org/media/gallery/la/la.htm>

Pág.47: (Sistema BRT de México). (04/05/10)

Imagen disponible en:

<http://www.comunicacionsocial.gob.mx/images/stories/newstories2/2009/DEPEN/AGOSTO/SEMANA01/060809/060809galery/sct060809.jpg>



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Págs.49 y 50: (Sistema BRT de Ottawa, Canadá). (12/09/10)

Imágenes disponible en:

<http://www.nbrti.org/media/gallery/ottawa/otta-pics.htm>

Págs.: 51 y 52 (Sistema BRT Los Ángeles). (17/09/10)

Imágenes disponibles en:

<http://www.lightrailnow.org/facts/>

Pág.53: (Estación del Sistema BRT en Curitiba, Brasil). (04/08/10)

Imagen disponible en:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/2/2a/20060326090739!Bus_Stops_3_curitiba_brasil.jpg

Pág.53: (Canales exclusivos para un menor tiempo de viaje; Curitiba, Brasil). (04/08/10)

Imagen disponible en:

http://www.soitu.es/soitu/2008/10/08/hartosdelcoche/1223477753_557547.html

Pág.54:(Estación cilíndrica típica del Sistema; Curitiba, Brasil). (04/08/10)

Imagen disponible en:

<http://www.treehugger.com/curitiba-bus-transit-photo6547.jpg>

Pág.54: (Mapa de Líneas del sistema BRT; Curitiba, Brasil). (04/08/10)

Imagen disponible en:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/Curitiba_PublicTransport.png

Pág.55: (Autobús articulado del Transmilenio; Bogotá, Colombia). (15/09/10)

Imagen disponible en:

<http://img197.imageshack.us/i/transmilenio20in20fahrt4vo.jpg/>



Pág.55: (Doble canal exclusivo por sentido; Bogotá, Colombia). (15/09/10)

Imagen disponible en:

http://4.bp.blogspot.com/_TyH4pc2N4w0/S7y2hLC5thI/AAAAAAAAABQ/MN35hcQarqU/s1600/Estacionelevada%5B1%5D.jpg

Pág.56: (Mapas de líneas del Trasmilenio; Bogotá Colombia). (15/09/10)

Imagen disponible en:

<http://transmilenio.surumbo.com/index2.php3?domain=transmilenio.surumbo.com&alias=&frames=0&referer=http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Default.aspx>

Págs.57 y58: (Autobús del BRT y Visión de paradas en Estocolmo, Suecia)

Imagen cortesía de:

Sten Sedin Tyrens consulting, Bernt Nielsen/Västtrafik AB, Trivector Traffic, The City of Lund/Håkan Lockby and Christian Rydén.

Pág.58: (Mapa general de las Líneas; Estocolmo, Suecia). (12/09/10)

Imagen disponible en:

http://www.konsult.leeds.ac.uk/private/level2/instruments/instrument001/Stockholm_map.jpg

Pág.59: (BRT de Rouen, Francia). (18/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.funimag.com/wordpress/wp-content/uploads/20071111-009.jpg>

Pág.60: (Canales exclusivos para la operación del sistema; Rouen, Francia). (18/09/10)

Imagen disponible en:

http://ss1.webkreator.com.mx/4_2/000/000/053/8a0/bhns_RouenFr_2.jpg
http://citytransport.info/NotMine/10-01-08_228_T1_6a.jpg



Pág.60: (Utilización de puertas exclusivas sólo para el embarque y desembarque en las estaciones, optimizando el tiempo de parada; Rouen, Francia). (18/09/10)

Imagen disponible en:

http://farm1.static.flickr.com/247/520840633_7c0f5be1db.jpg

Pág.61: (Sistema BRT en Beijing, República Popular de China). (04/09/10)

Imagen disponible en:

www.chinapage.com/transportation/brt/bjbrt.html

Pág.62: (Canales exclusivos en medio de la calzada; Beijing, China). (04/09/10)

Imagen disponible en:

http://muitopelocontrario.files.wordpress.com/2009/12/brt_beijing.jpg

Pág.62: (Sistema en operación con prioridad en las intersecciones; Beijing, China). (04/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.itdp-china.org/i-lib/db/photo.aspx?id=5324&c=Beijing>

Pág.62: (Sistema de Información al usuario de rutas y paradas; Beijing, China). (04/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.itdp-china.org/i-lib/db/photo.aspx?id=5319&c=Beijing>

Pág.62: (Estación típica del sistema Beijing, China). (04/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.chinapage.com/transportation/brt/brt028.jpg>

Pág.63: (Autobús del Sistema en Seúl). (15/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.itdp-china.org/i-lib/db/photo.aspx?id=453&c=Seoul>



Pág.63: (Sistema de organización de rutas por colores en autobuses)

Imagen cortesía de “El Modelo Coreano de Movilidad Total, La Experiencia de Seúl, Corea ”

Pág.63: (Usuarios en parada de Seúl). (15/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.chinabrt.org/en/cities/seoul.aspx>

Págs.65 y 66: (Sistema BRT de Brisbane, Australia). (17/09/10)

Imágenes disponibles en:

<http://www.chinabrt.org/en/cities/brisbane.aspx>

Págs.67 y 68: (Sistema BRT de Auckland, Nueva Zelanda). (17/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=917304>

Págs.69 y 70: (Sistema BRT de Lagos y sus operadores y Mapa de Líneas del Sistema). (14/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=883034&langid=5>

Pág.70: (Señalización de vía exclusiva para el sistema; BRT Lagos, Nigeria). (14/09/10)

Imagen disponible en:

<http://thecityfix.com/files/2008/05/lagos4.jpg>

Pág.70: (Visión general del funcionamiento del sistema y Diseño de las estaciones del sistema; Lagos, Nigeria). (14/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.lagosatlanticcity.com/LagosNigeria/busshelter.jpg>



Pág.: 72 (Bus Caracas)

Imágenes suministradas por la empresa Somelca.

Págs.73 y 74: (Trolebús de Mérida, Venezuela). (25/09/10)

Imagen disponible en:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Trolm%C3%A9rida>

Pág.75: (Unidad modelo del Transbarca; Barquisimeto, Venezuela).
(28/09/10)

Imagen disponible en:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Transbarca>

Pág.:76 (Proyección y avance de la estación terminal; Barquisimeto, Venezuela). (28/09/10)

Imágenes disponibles en:

http://www.minci.gob.ve/img/proyeccion_del_terminal_transbarca.jpg

http://www.minci.gob.ve/img/panoramica_de_los_avances.jpg

Pág.:76 (Mapa de las futuras estaciones del Transbarca; Barquisimeto, Venezuela). (28/09/10)

Imagen disponible en:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=521590&page=16>

Pág.:78. (Mapa representativo del sistema indicando estaciones y terminales)

Imágenes suministrada por la Empresa Somelca.

Pág.:85 (Posibles corredores para sistemas BRT en el Área Metropolitana de Caracas)

Imagen suministrada por la Empresa Somelca, Presentación del Bus Caracas.



Uso de Sistemas de Transporte Masivo BRT en Ciudades con Problemas de Congestionamiento Vial

Págs.: 86 y 92. Imagen del corredor de la Av. Baralt tomada el 03/10/10.

Págs.: 89, 92 y 93. Imágenes suministradas por la herramienta GoogleMaps

Pág.: 90 (Secciones propuestas y esquema para el corredor)

Imágenes suministradas por la Empresa Somelca y Presentación del Grupo AM

Pág.: 94. Imágenes suministradas por la Empresa Somelca.