

LOS BRT EN CORREDORES SEGREGADOS COMO SISTEMA ÓPTIMO DE TRANSPORTE URBANO.

Eugenio Bañobre Nebot, eugenio.bañobre@emtmadrid.es, EMT Madrid

Álvaro Romero Requejo, alvaro.romero@emtmadrid.es, EMT Madrid

RESUMEN

En la actualidad debido a la masificación de la circulación de automóviles privados, el transporte en autobús tiene, en general, bajos niveles de aceptación. Los servicios que dan suelen ser poco fiables, puntuales y seguros. Las autoridades públicas se suelen inclinar por transportes muy costosos como los Metros. Se ha demostrado que es posible encontrar un punto intermedio entre el servicio deficiente y las inversiones desproporcionadas, inviables para muchos municipios: el BRT "Bus Rapid Transit", que es capaz de ofrecer servicios de alta calidad, similares a los del Metro, por sólo una fracción de su coste. Una ventaja de los sistemas de BRT, es que en general, no requieren subvenciones.

La separación física del carril de circulación de los autobuses del resto del tráfico es la mayor diferencia entre los conceptos de "corredor segregado" y "carril bus". Los carriles bus se separan por líneas horizontales en el pavimento y los corredores segregados tienen una separación física por bordillos de cemento. Los carriles bus suelen fracasar por falta de control que evite que el tráfico los invada.

Los corredores segregados a nivel cruzan las intersecciones mediante semáforos, lo que puede reducir mucho la capacidad del sistema. Los corredores segregados a distinto nivel evitan esos conflictos al construirse de forma que los carriles del autobús quedan completamente separados del resto del tráfico. Dados los ahorros en tiempo y reducción de congestión conseguidos en estas intersecciones mediante estas obras, el periodo de recuperación de estas inversiones es bastante corto.

En general, los sistemas de transporte inteligente (ITS) pueden mejorar la eficiencia del sistema de forma importante. Con las disminuciones graduales del coste de esos sistemas, las ciudades de países en vías de desarrollo deben estudiar de nuevo si pueden instalarlos pues son fundamentales para conseguir mayores velocidades en el sistema.

Palabras clave:

BRT, corredor segregado, corredor segregado de alta capacidad, autobuses alta capacidad, Metro bus.

ABSTRACT

At present due to the mass movement of private cars, the bus has, in general, low levels of acceptance. The services are usually not very reliable, punctual and safe. Public authorities are generally inclined to very expensive transport like the Metro.

It has been shown that it is possible to find a middle point between the poor service and disproportionate investments, unfeasible for many municipalities: the BRT "Bus Rapid Transit", which is capable of providing high quality services, similar to the Metro, at just a fraction of the cost. One advantage of BRT systems is that generally do not require subsidies.

The physical separation of the lane where the bus drives from the rest of the traffic is the biggest difference between the concepts of "segregated corridor" and "bus lane". Bus lanes are separated by horizontal lines on the pavement and the segregated corridors are separated by a physical separation of cement curbs. Bus lanes often fail for the lack of control in preventing the traffic invading it.

Segregated corridors cross the intersections by traffic lights, which can greatly reduce system capacity. The segregated corridors at different levels avoid such conflicts being constructed so that the bus lanes are completely separated from other traffic. Given the savings in time and reduced congestion obtained at these intersections by these works, the payback period of this investments is quite short.

In general, intelligent transport systems (ITS) can improve the efficiency of the system significantly. With the gradual decrease in the cost of such systems, the cities of developing countries should consider whether they can re-install them as they are essential to achieve higher speeds in the system

KEY WORDS

BRT, segregated corridor, high capacity segregated corridor, high capacity buses, Metro bus.

1. INTRODUCCIÓN

La industrialización produjo la llegada masiva de trabajadores a las ciudades y el tamaño que adquirieron estas hizo necesario que se desarrollaran medios de transporte público pues los ciudadanos no tenían posibilidades de tener un sistema de transporte propio.

La demanda de movilidad se satisfizo inicialmente mediante carruajes, derivados de las diligencias pero similares a tranvías, tirados por mulas o caballos, y posteriormente (1830) por vehículos similares propulsados a vapor.

Posteriormente aparecieron el motor eléctrico y el de explosión y en consecuencia aparecieron los primeros tranvías, trolebuses y autobuses movidos por ellos. El tranvía se impuso como un híbrido entre el autobús y el tren. Esta situación se mantuvo hasta los años 50 del siglo pasado en que los tranvías fueron retirados de bastantes ciudades por la incomodidad que suponían para el tráfico ya multitudinario de vehículos privados.

Por otra parte en las grandes conurbaciones como Londres, Nueva York y París se desarrollaron a principios del siglo 19 las primeras líneas de Metro que ofrecían un tránsito rápido por la ciudad debido a que disfrutaban de líneas exclusivas, algunas de ellas subterráneas. Estas líneas de Metro se fueron implantando en las grandes urbes del resto del mundo a partir de los inicios del siglo 20 y se fueron ampliando sucesivamente hasta formar redes de gran tamaño.

En este contexto relevantes ciudades desarrollaron redes de transporte basadas en tipologías de Metro radiales, complementadas por líneas de autobuses que cubrían el resto del área metropolitana y llevaban a los viajeros a las paradas de este.

Hubo determinadas ciudades que mantuvieron los tranvías en el centro para ahorrarse el coste de excavar los túneles en zonas densamente construidas.

El transporte en autobús se hizo con gran parte del mercado debido a su bajo coste en comparación con los tranvías, Metros y trenes de cercanías y también por la flexibilidad que aporta el que no tenga que circular por raíles, pudiéndose desviar cuando las calles se cierran por obras.

Pero en la actualidad debido a la masificación de la circulación de automóviles privados, el transporte en autobús en el mundo presenta, en general, bajos niveles de aceptación por parte de los ciudadanos. Los servicios que dan suelen ser escasamente fiables, poco puntuales e inseguros. Como consecuencia, las autoridades públicas se inclinan por transportes muy costosos como los ferrocarriles subterráneos, (Metros) y otras opciones sobre raíles. Sin embargo, se ha demostrado, especialmente en Hispanoamérica y Asia, que es posible encontrar un punto intermedio entre el servicio deficiente y las inversiones desproporcionadas, inviables para muchos municipios: el BRT ó “Bus Rapid Transit”, (que traducido al español sería Tránsito Rápido en Autobús o Metro-bus), que es capaz de ofrecer servicios de alta calidad, similares a los del Metro, por sólo una fracción de su coste.

2. LOS BRT EN CORREDORES SEGREGADOS DE ALTA CAPACIDAD

Un BRT es principalmente un sistema de transporte público de alta capacidad, orientado al usuario, que ofrece movilidad urbana rápida, cómoda y a bajo coste.

El BRT también es conocido con otros nombres, como Sistemas de Autobuses de Alta Capacidad, Metro-Autobús, y Sistema de Autobús Express. Estos Sistemas BRT

incorporan la mayoría de los componentes del metro sin los elevados costes que estos tienen. Por ello también reciben el nombre de “metros de superficie”.

Sus principales características incluyen:

- Carriles segregados para los autobuses
- Terminales y paradas diferenciadas y de fácil acceso
- Pago o validación del abono al entrar en la estación, antes de subir al autobús.
- Adecuada señalización y en general información en tiempo real.
- Prioridad de los autobuses en las intersecciones con otras vías.
- Integración modal con las líneas alimentadoras y trenes, autobuses interurbanos y metros.
- Tecnologías de recaudación y acceso avanzadas.

Normalmente, los sistemas BRT se han construido con costes bastante bajos: Entre 2 y 4 millones de euros por kilómetro, mucho menos que los 60 a 150 millones de euros por kilómetro de los sistemas de metro subterráneo.

Además también son capaces de trasladar más pasajeros por unidad de tiempo que los tranvías, y tienen capacidad similar a los sistemas segregados sobre raíles. Con estas tecnologías, determinadas ciudades han logrado estar en el entorno de los 30.000 pasajeros por hora en cada dirección.

Hasta ahora los coches iban aumentando en las grandes ciudades. Al incrementarse los ingresos en los países en desarrollo, crecen los usuarios de vehículos particulares y la demanda de transporte público baja, por lo que en las ciudades más grandes del mundo están perdiendo alrededor del 1% de viajeros en los transportes públicos cada año.

Los beneficios económicos, ambientales y sociales que generan los BRT, son argumentos muy importantes para conseguir que las ciudades implementen este tipo de sistemas. Sin embargo, como todavía es un concepto novedoso, existen muchos impedimentos para lograr su implantación. En general las barreras suelen ser del tipo siguiente:

- Falta de voluntad política
- Ausencia de capacidad técnica de los ayuntamientos
- Falta de recursos para la financiación
- Limitaciones en la anchura de las vías y /o la distribución de las vías

Antes de lanzar un plan de implementación de un BRT, se debe tener cierta información previa que constituya una base sólida para empezar la toma de decisiones.

El tipo de información básica necesaria para iniciar un plan de implementación de un BRT es el siguiente:

Estudio de la situación

- Distribución de la población y de los viajeros entre los diferentes modos de transporte
- Gasto y sistema tarifario
- Análisis medioambiental

Matrices origen-destino

Estudio de posibles opciones de transporte público:

- Tranvías
- Trenes ligeros
- Tren urbano
- BRT
- Metros

En una segunda fase del proceso se determinan los objetivos generales, la estructura organizativa del sistema propuesto y la factibilidad financiera del sistema mediante un análisis de costes e ingresos y en concreto el análisis coste-beneficio social del sistema.

A continuación se enumeran parte de los aspectos que hay que analizar:

Influencias importantes

- Económicas – Influencia en la mejora de la movilidad, en la economía y en la generación de empleo
- Sobre el medio ambiente – Calidad del aire y el ruido generado
- Sociales – Posibles subvenciones cruzadas entre diversos usuarios del sistema
- En la estructura urbana – Cambios en la forma, densidad y tamaño de la ciudad, influencia en los usos del suelo

Aspectos regulatorios y legales

Estructura administrativa y de negocio

- Dimensionamiento de la parte pública del sistema

- Definición de las obligaciones y las remuneraciones de los operadores y concesionarios privados

Estructura de tarifas

- Operación con o sin aportaciones públicas
- Opciones de distribución de ingresos
- Tipología tarifaria

Análisis de costes

- Costes de planificación
- Coste de la infraestructura
- Gastos operativos

Los proyectos modernos generan impactos positivos en el medio ambiente a través de la reducción del uso de vehículos privados y mejoras en la eficiencia del transporte público con las consiguientes reducciones de emisiones. Sin embargo, el proceso de construcción de la infraestructura puede ocasionar impactos negativos que deben ser mitigados en el mayor grado posible y compensados con los efectos beneficiosos.

Muchas veces, la discusión sobre reducción de emisiones se concentra en la tecnología de los vehículos. Si bien opciones como el gas natural, biocombustibles y sistemas híbridos-eléctricos pueden ser importantes en la reducción de emisiones, si sólo tenemos en cuenta estas podemos no ver la reducción más importante, que se puede obtener por los ahorros de combustible conseguidos en el conjunto de la explotación por su mayor eficiencia que los autobuses normales y que los vehículos privados.

INFLUENCIA SOCIAL

En los países en vías de desarrollo, los autobuses operan como taxis más que como líneas estructuradas. Los incentivos que reciben los conductores dependen del número de pasajeros, de forma que compiten por los clientes contra otros conductores, se paran en cualquier sitio donde les llamen, conducen de forma peligrosa, y trabajan jornadas muy largas, aumentando mucho el riesgo de tener accidentes. Antes del TransMilenio, en Bogotá, de Transantiago en Chile y ahora mismo en Lima donde se está construyendo el COSAC I, muchos conductores trabajaban 16 horas al día. Con un BRT pueden ganar más con turnos de 8 horas, pues los ingresos de los operadores están de acuerdo con una fórmula basada en los kilómetros recorridos y en la regularidad de sus viajes. El número de kilómetros depende de la programación de servicios y como consecuencia, los agentes no tienen porque exceder los límites de velocidad o conducir de forma peligrosa.

TARIFAS

Las tarifas pueden ser planas, función de la distancia recorrida o mixtas. En la mayoría de ciudades, las tarifas son planas. Hay muchas razones para esta elección. En primer lugar una tarifa plana simplifica la recaudación, y reduce la inversión y el coste de operación. Las tarifas planas, con billete único implican tecnologías simples. Para los sistemas basados en la distancia recorrida, deben usarse equipamientos más costosos. Además, un sistema de tarifa plana ofrece una subvención cruzada a los más pobres que suelen vivir lejos del centro por los mas ricos que realizan trayectos más cortos.

No obstante, también hay razones a favor de tarifas basadas en la distancia recorrida. Estas reflejan los costes de operación real y, como consecuencia, proporcionan una medida más precisa de los gastos de explotación.

El cálculo de los costes de operación del sistema tiene mucha importancia, para la determinación de las tarifas y para la definición de los incentivos y beneficios de los operadores privados.

Hay dos tipos de tarifas para el proceso de cálculo:

La Tarifa Técnica que refleja el coste real por pasajero, más los beneficios que procedan para compensar a los actores del sistema. La Tarifa al Usuario, que es la que pagan los pasajeros, es el resultado de incrementar la Tarifa Técnica con el fin de crear unos Fondos Especiales para determinados fijos de contingencias. Este fondo es para sucesos inesperados, tales como caída de la demanda a niveles excepcionalmente bajos, horarios de operación ampliados, terrorismo, vandalismo, etc.

La Tarifa Técnica sirve para distribuir los fondos a los concesionarios de los diferentes componentes de operación del sistema, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Pasajes vendidos} \times \text{Tarifa Técnica} = \text{Remuneración de los agentes del sistema}$$

En general la tarifa técnica debe aportar suficientes ingresos para retribuir a:

- Administración Pública controladora
- Operadores del transporte
- Empresas de Recaudación
- Empresa de Administración Financiera
- Prestamos de Capital
- Reservas de Contingencia

Se debe definir un mecanismo contractual para recalcular la Tarifa Técnica periódicamente de acuerdo con la variación de los costes y la productividad del sistema. Los diseñadores del sistema deben ser conscientes del valor en todo momento de los costes de operación para determinar las tarifas de manera justa. Sino los operadores privados carecerían de incentivo para aumentar su productividad.

Los costes de operación se pueden dividir en componentes fijos y variables. Los fijos incluyen el coste de capital y la amortización del material rodante (autobuses). Los costes fijos son el sueldo de los conductores, mecánicos y personal de administración. Los costes variables son el consumo de combustible, lubricantes, neumáticos, repuestos y elementos de mantenimiento.

FASE INICIAL

En la etapa de planificación de un BRT se deben discutir métodos para involucrar a la ciudadanía en el proceso de diseño y definir variables clave para ofrecer un servicio de calidad al pasajero. Los aspectos a discutir deben ser:

- Procesos de participación pública
- Acercamiento a transportistas existentes
- Plan de seguridad del servicio
 - En los autobuses
 - En las paradas y terminales
- Plan de marketing
 - Identificación de la base de usuarios
 - Selección de un nombre apropiado y distinto para el sistema
 - Selección de un logotipo apropiado
 - Posicionamiento de la marca
 - Estrategias de publicidad
 - Campañas de publicidad en medios

Desde el punto de vista de la ingeniería, el diseño de los corredores de BRT debe ser consecuencia del Estudio de Origen y Destino de Viajes, y de las contribuciones de actores clave, especialmente los usuarios.

En primer lugar, la selección adecuada de los corredores no sólo influye en que una proporción importante de la población use el sistema BRT sino también en el desarrollo futuro de la ciudad. El punto de partida para tomar decisiones sobre la ubicación de corredores es la matriz de origen y destino, que ayuda a identificar los patrones de viaje diarios en términos espaciales y temporales. En general lo más

importante es minimizar las distancias y tiempos de viaje para el número más elevado posible de habitantes de la ciudad. Este objetivo se consigue generalmente situando el corredor en las cercanías de zonas generadoras y atractoras de viajes, como áreas de concentración de empresas y grandes centros educativos y comerciales.

Los BRT pueden influir en el valor del suelo y en la forma de la ciudad. Los corredores segregados pueden jugar un papel catalizador del desarrollo económico sostenible. Por ejemplo, las estaciones pueden ser centros, que actúan atrayendo actividad comercial y residencial.

Los sistemas de BRT se desarrollan normalmente por fases. A las administraciones locales se les recomienda obtener experiencia con las primeras etapas demostrativas antes de embarcarse en una red mayor. Implementar el sistema por fases es consistente con la realidad económica, pues es improbable obtener financiación para dotar con BRT a toda la ciudad a la vez. Sin embargo, la planificación inicial de los corredores debe incluir todo el sistema final, que va más allá de la primera fase de implantación.

Los planes de cada corredor evolucionan con la experiencia que se va obteniendo, pero siempre es conveniente diseñar inicialmente un plan para toda la ciudad que estimule el apoyo del público de todos los ciudadanos aunque no se vean favorecidos por los primeros corredores.

A la hora de diseñar los itinerarios del sistema hay que decidir donde irán corredores troncales y donde líneas de alimentación. Los factores para determinar la estructura de rutas, además de las previsiones de viajes de los usuarios, son las capacidades de las estaciones y los viales así como las especificaciones de los autobuses, las frecuencias de los servicios y los costes.

CARRILES SEGREGADOS

La separación física del carril de circulación de los autobuses del resto del tráfico es la mayor diferencia entre los conceptos de “corredor segregado” y “carril bus”. Los carriles bus se separan del resto del tráfico por marcas horizontales en el pavimento y los corredores segregados tienen una separación física real. Los carriles bus suelen fracasar por falta de control que evite que el tráfico los invada, impidiendo que los autobuses puedan circular sin obstáculos.

En ambos casos pueden permitir el acceso de algún tipo especial de vehículos, como las ambulancias y los vehículos de policía.

En lo que respecta a los corredores segregados es importante determinar si lo son “a nivel” o “a distinto nivel”. Los diseñados a nivel deben cruzar las intersecciones mediante semáforos, lo que puede reducir la capacidad potencial del sistema. Los corredores segregados a distinto nivel evitan esos conflictos al ser construidos de manera que quedan completamente separados del tráfico. Los pasos elevados o subterráneos y los túneles, son algunas de las opciones que se usan para crear separación entre los flujos. Dados los ahorros en tiempo y la reducción de congestión conseguidos en estas intersecciones mediante estas obras, el periodo de recuperación de la inversión, puede reducir considerablemente (dependiendo del nivel de ocupación).

A nivel general, en la implantación de un BRT deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Medios de pago
 - Pre-pago o pago a bordo
 - Sin billete, con banda magnética, o con tarjetas inteligentes sin contacto
- Centros de Gestión Operativa
 - GPS
 - Comunicaciones entre el control y los conductores
- Sistemas inteligentes de transporte (ITS)
 - Paneles de información en tiempo real
 - Cámaras
 - Sistemas de prioridad para intersecciones
- Tecnología de autobuses
 - Motor y combustible
 - Tamaño: biarticulado, articulado, convencional
 - Guiado
- Diseño interior de los vehículos
 - Disposición interior de los asientos y las barras
 - Espacios dedicados a personas con discapacidad

MEDIOS DE PAGO

En cuanto a la recaudación y verificación de pago, el método escogido influye en los tiempos de viaje y en la impresión que obtienen los clientes del sistema. Si abonamos antes de entrar en los autobuses se reducen las grandes esperas que implica el pago a bordo. Cuando la cantidad de pasajeros alcanza un determinado número, las esperas debidas a los sistemas de pago a bordo se convierten en un grave problema.

Determinados estudios estiman que el punto de inflexión se alcanza cuando el número de viajeros es de 2.500 – 3.000 pasajeros por hora y dirección.

El prepago añade otro beneficio, el transporte y manejo de efectivo aumenta las probabilidades de robo, disminuyendo las probabilidades de fraude interno

Hay varias tecnologías y mecanismos que facilitan el prepago de los viajes, como:

- Sistemas basados en activos físicos
- Billetes de banda magnética
- Tarjetas inteligentes con y sin contacto (contactless)
- Sistemas de prueba de pago

La selección del sistema de recaudación óptima implica hacer equilibrios entre los costes, la simplicidad y la carga de trabajo administrativo. En Quito, un sistema simple, basado en monedas satisface las necesidades de la ciudad, evitando la necesidad de imprimir billetes de papel a la vez que elimina las largas colas de personas que quieren adquirir billetes.

La tecnología de banda magnética también tiene una historia larga y de éxito. Estos sistemas implican la precompra de billetes magnéticos, que se verifican en la entrada. Los costes de inversión son importantes, tanto por la compra de las expendedoras como de las lectoras de la banda magnética en los accesos. Sin embargo la ventaja de la banda magnética es que es de coste relativamente bajo, con relación al valor del pasaje, 0,01 a 0,03 euros por billete. Los tickets pueden valer para varios viajes y permiten el cobro de tarifas basadas en distancia. También sirven para ofrecer descuentos para los que adquieran billetes de varios viajes.

La tecnología de tarjetas inteligentes constituye el último avance en los sistemas de recaudación. Estas tarjetas tienen un chip electrónico que puede guardar mucha información las zonas para las que es válido, las veces que se recarga, los viajes realizados, etc. información que ayuda a la planificación del sistema y la distribución de ingresos entre los operadores.

Las principales desventajas de la tecnología de tarjetas inteligentes son su coste y complejidad. Hay que instalar máquinas expendedoras y equipos de verificación a la entrada (y a la salida, si se usan tarifas basadas en la distancia). Además de los costes de equipos, cada tarjeta es relativamente cara, los costes actuales están entre 0,80 y 1,60 euros por tarjeta. Sin embargo a diferencia de los billetes de banda magnética, las tarjetas inteligentes tienen una vida larga y pueden ser reutilizadas.

Actualmente, cuando en un BRT, se utiliza este sistema, se emplea tarjeta sin contacto tipo Mifare.

Finalmente, algunos sistemas en Europa y América tienen el pago antes de subir, pero los usuarios entran directamente a los vehículos sin ninguna verificación ni paso a través de torniquete, haciéndose controles penalizando y multando a los infractores. El cumplimiento de la obligación de pago se mantiene a través de la buena voluntad de los pasajeros y se controla a través de verificaciones al azar por inspectores. Los que no muestran la prueba de pago del pasaje son multados. La ventaja de estos sistemas es que no se requiere la construcción de estaciones cerradas lo cual ayuda a reducir los costes de construcción. La desventaja es que no se puede aplicar en cualquier sitio, solo en los que la concienciación ciudadana y la honradez son muy altas.

GESTIÓN DE FLOTA

Los centros de gestión de flota permiten un alto nivel de dirección y control del sistema que añade muchas ventajas. Estos deben identificar y corregir la acumulación de autobuses, y mantener la regularidad y la frecuencia. Además si un vehículo tiene problemas mecánicos, el centro de control puede aplicar acciones correctoras, como por ejemplo elegir entre mandar ayuda mecánica o una grúa para llevárselo inmediatamente. Análogamente, si hubiera un problema de seguridad, puede enviar un equipo de seguridad al lugar de la emergencia.

Hay muchas formas de tener localizados a los autobuses desde el centro de gestión. Una radio o un teléfono móvil puede ser suficiente, pero también puede instalarse un sistema que incluya un Posicionamiento Global por Satélite (GPS) para aumentar el control de forma efectiva. Esta tecnología nos permite tener información en tiempo real de la localización y del estado del autobús.

La integración de estos sistemas con otros más genera el concepto “Sistemas de Transporte Inteligentes” (ITS). Dentro de este concepto hay también un conjunto de otras opciones que pueden proporcionar valor añadido, comodidad y seguridad a los viajes en transporte público.

Hay que señalar que en Santiago, Chile el no haber instalado un buen Sistema de Control de Flota desde el principio ha generado muchos problemas en el Sistema de BRT “Transantiago”.

Los paneles de información en tiempo real añaden mucho valor a los sistemas en que la separación entre autobuses es de pocos minutos. Si los usuarios saben el tiempo de

llegada esperado de un autobús, pueden realizar otra actividad, dándole el mejor uso posible al tiempo en que están esperando.

Las cámaras de seguridad en las estaciones y los autobuses son otra alternativa para supervisión del sistema. Las cámaras son un signo visible para los usuarios de la seguridad del sistema y pueden ayudar a reducir el miedo a ser asaltados en el autobús.

PRIORIDAD SEMAFÓRICA

La Prioridad Semafórica da preferencia a los autobuses en los cruces donde el corredor segregado intersecta con otro tráfico, por ejemplo, el sistema de BRT de Los Ángeles utiliza con éxito este sistema. Cuando un autobús se acerca a una intersección semaforizada, un dispositivo electrónico en el vehículo se comunica con otro en la calzada y el controlador de los semáforos da luz verde al autobús que se aproxima. La Prioridad Semafórica funciona adecuadamente cuando el intervalo entre autobuses está entre los 4 y 5 minutos.

En general, los sistemas de transporte inteligente (ITS) pueden mejorar la eficiencia del sistema de forma importante. Con la disminución del coste de esos sistemas en los últimos años, las ciudades de países en vías de desarrollo deben estudiar si pueden instalarlos, pues son fundamentales para conseguir mayor velocidad en la circulación de los autobuses.

Hoy en día todos los BRT que se construyen emplean sistemas ITS que proporcionan servicios de alto valor para el ciudadano, manteniendo unas frecuencias reales muy cercanas a las teóricas.

TECNOLOGÍA DE LOS AUTOBUSES

La tecnología escogida para autobús influye sobre los costes operacionales y sobre otros factores tales como el medio ambiente. Algunas ciudades marcan las características de potencia y emisiones de los autobuses, pero dejan a los operadores la selección final de la tecnología de propulsión y el proveedor. Por ejemplo el COSAC en Lima especifica que los autobuses tienen que ser de GNC.

Los sistemas de propulsión y las opciones de combustible son:

- Diesel (EURO IV, EURO V)
- Gas natural comprimido (CNG)
- Gas licuado del petróleo (LPG)

- Bioetanol

De entre todos ellos y a lo que BRT se refiere el Diesel EURO IV y el GNC constituyen los puntos de referencia del sector.

Algunos aspectos del diseño de los autobuses, deben quedar perfectamente establecidos en el proceso de definición. Los diseñadores del sistema deben determinar, entre otros, el tamaño de los autobuses y el ancho y número de puertas.

Las opciones de tamaños de vehículos existentes son:

- Microbuses (30 pasajeros)
- Autobuses de 12 metros (70 pasajeros)
- Autobuses articulados de 18 metros (160 pasajeros)
- Autobuses bi-articulados (270 pasajeros)

La capacidad de carga real de los autobuses depende de la disposición de los asientos y del número de pasajeros que se quiera acomodar de pie.

El tamaño del vehículo debe venir definido por la demanda prevista de forma que la frecuencia de servicio sea la máxima posible. Los sistemas de alto volumen de pasajeros requieren vehículos grandes (articulados o biarticulados) y altas frecuencias. Los sistemas más pequeños deben tener también altas frecuencias, y para ello deben usar vehículos de menor tamaño.

Por ejemplo, el sistema en construcción actual en Lima define:

- Autobuses de GNC de 18 metros para líneas troncales
- Autobuses de GNC de 12 y 8,5 metros para líneas alimentadoras

Los diseñadores del sistema deben también establecer la vida máxima de los vehículos. Poner un máximo a la edad de los autobuses ayuda a mantener la calidad del servicio cuando esta llega a su final y a que los operadores compitan todos en igualdad de condiciones. Normalmente esta vida se establece en el entorno de los 12 años.

Otro elemento técnico de posible uso es el guiado mecánico. Sistemas como el O-Bahn de Essen, Alemania, y de Adelaide, Australia, emplean guiado automático para mejorar la velocidad y la fiabilidad. Estos sistemas usan carriles con bordillo alto que guían al vehículo al apoyarse este en ellos mediante ruedas laterales horizontales. Tiene como ventajas el aumento de la velocidad media y el menor del tamaño de

calzada requerido. Sin embargo la construcción de los carriles puede ser dos veces más cara que la de un carril exclusivo normal. Si las estaciones están a menos de 700 metros de distancia, como en los sistemas de alto volumen de países en desarrollo, la ventaja de mayor velocidad se pierde y solo queda la del menor tamaño de la vía.

Si bien estos guiados pueden tener su sentido en determinadas circunstancias la realidad es que la mayoría de BRT no las incorpora.

PLANES DE INTEGRACIÓN

La mayoría de las veces, los planificadores de un sistema piensan en los otros modos de transporte como competidores, no como complementarios. Si se maximizan las interconexiones del sistema de BRT con otros modos, lo que se consigue es aumentar la base de posibles usuarios.

Además los BRT no termina en la puerta de salida de las estaciones, sino que tiene un área de influencia.

Los planes de acceso peatonal bien diseñados consiguen aumentar el número de pasajeros que esté dispuesto a usar el BRT. Las rutas de acceso peatonal deben ser estudiadas en un radio de 500 metros, por lo menos, alrededor de las estaciones.

En algunos lugares la integración de la bicicleta con el BRT es también una forma de aumentar el volumen de clientes. Muchas personas pueden estar dispuestos a viajar en el BRT si la estación cuenta con aparcamientos para estas.

Si se sitúan paradas de taxi en las cercanías de las estaciones de BRT, pueden obtenerse ventajas para los taxistas, las Administraciones Públicas y la ciudadanía. Los diseñadores ganan al añadir otro servicio de alimentación a su estructura de servicio y los taxistas al reducir sus costes de búsqueda de pasajeros. Las estaciones de BRT proporcionan a los taxistas un alto número de pasajeros, sin necesidad de circular consumiendo altas cantidades de combustible. Los administradores públicos de la ciudad ganan al reducir la congestión que producen los taxis circulando innecesariamente, y la ciudadanía gana al tener un sistema de transporte público más cómodo y que reduce la contaminación total.

Los dueños de los vehículos particulares también pueden ser integrados en el sistema dotándolo de aparcamientos integrados. Estos aparcamientos deben ponerse al final de las líneas de BRT. Los usuarios de estos estacionamientos terminan su viaje más rápidamente si usan los BRT. Los dueños de coches particulares utilizarán el transporte público si después de conducir una gran distancia pueden usar el BRT los

últimos kilómetros, dejando su coche bien aparcado cerca de la Terminal del BRT y se ahorran tiempo y dinero. Una buena estrategia de marketing es ver la calle atascada desde un autobús moviéndose a gran velocidad por los carriles segregados.

Los sistemas BRT también pueden ser un complemento ideal para otros modos de transporte público. Las ciudades que ya cuentan con metro y tren de cercanías pueden integrarlos con el BRT. Por ejemplo, Sao Paulo, usa BRT para conectar sus líneas de metro con los pueblos más alejados. Algunas ciudades ya cuentan con líneas ferroviarias, pero no tienen los recursos para expandirlos. En esos casos, pueden llevar el transporte público a toda la ciudad y alrededores usando los BRT.

Las claves para la integración modal son las conexiones físicas entre los sistemas, el marketing y la promoción conjunta, y la unificación de las estructuras tarifarias. En Sao Paulo y Santiago de Chile, la conexión se realiza directa desde el Metro al BRT.

Se pueden publicitar varios sistemas bajo un nombre y logotipo conjuntos, de forma que formen una unidad a los ojos de los pasajeros.

Una estructura tarifaria unificada permite el paso de un modo al otro sin pago de una tarifa adicional.

Los sistemas BRT también deben integrarse con sistemas de transporte de larga distancia como autobuses y trenes. En estos casos la integración física es la clave para que esta opción sea posible. Los pasajeros de estos modos llevan equipaje, por lo que deben poder hacer la transferencia entre modos de forma cómoda con este equipaje.

ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

Parte de la estrategia para transformar una ciudad y su estructura de movilidad es poner un transporte público de alta calidad, como el BRT y al mismo tiempo, usar mecanismos para desincentivar el uso de automóviles privados. El uso adecuado de tales mecanismos puede mejorar la demanda de pasajeros en el nuevo sistema de transporte, ayudar a la reestructuración de la ciudad, generar ganancias económicas y ambientales, y mejorar la movilidad y la accesibilidad generales.

Experimentos recientes de Administración de la Demanda de Viajes, o Técnicas de Administración de la Movilidad, demuestran que se puede dirigir a la ciudadanía hacia alternativas de transporte sostenibles. Existen mecanismos para incentivarlo como la reducción de velocidad de los vehículos privados, tasas por congestión y uso de vías urbanas, como por ejemplo en Londres, restricciones de estacionamiento en zonas del

centro, y mecanismos de pago del aparcamiento. Estas medidas han logrado importantes éxitos cambiando el reparto intermodal público-privado.

FINANCIACIÓN

La financiación no es normalmente un impedimento para la implantación de un sistema de BRT por el coste relativamente bajo de inversión y operación. Algunas ciudades en desarrollo han comprobado que los préstamos y la financiación externa no son estrictamente necesarios para implantar un BRT. Los recursos locales pueden ser suficientes para cubrir todos los costes de construcción de las infraestructuras, y como los sistemas BRT son económicos de operar, funcionan sin subsidios y no se necesita financiación pública.

Si por cualquier circunstancia se necesitase financiación, hay organismos bilaterales y multilaterales que apoyan los proyectos de BRT. A diferencia del metro y tren ligero los BRT tienen bajos costes de inversión y periodos de retorno de la inversión que los organismos de financiación consideran buenos. Hay instituciones internacionales que también apoyan a los BRT por las mismas razones. El Banco Mundial, en sus Políticas de Transporte Urbano ha hecho comentarios muy favorables para los BRT. Las agencias bilaterales y los bancos de desarrollo regional también han hecho comentarios muy favorables sobre la efectividad y el bajo coste de los BRT. La financiación de los BRT se divide en tres grupos de actividades: planificación, infraestructura y equipos. Cada una de estas actividades es financiada por distintos tipos de organizaciones.

Antes de buscar financiación internacional, las administraciones locales deben intentar obtener recursos locales.

En los países en vías de desarrollo (Hispanoamérica) la financiación externa es primordial, los recursos públicos son escasos y los costes de infraestructuras, aunque de menor nivel que en otros sistemas, siguen siendo inabordables para las respectivas administraciones públicas.

Los recursos posibles de las autoridades locales para financiar los BRT son:

- Ingresos por impuestos
- Tasas de estacionamiento y congestión
- Desarrollos comerciales en y alrededor de las estaciones
- Publicidad en autobuses y en estaciones
- Merchandising de la Marca del BRT

Las tarifas de estacionamiento, impuestos de tenencia y circulación de automóviles, y tasas de congestión generan un flujo permanente de recursos para el desarrollo y mantenimiento de infraestructuras de BRT. Muchas ciudades en desarrollo no imponen actualmente tasas al estacionamiento de vehículos privados en la vía pública. En algunas ciudades, la implantación de tasas de aparcamiento y su recaudación y control mediante concesión ha sido suficiente para obtener recursos para el BRT. Las Tasas de Congestión han sido implantadas en Singapur, Londres, Roma y Estocolmo.

Los sistemas BRT también tienen muchas alternativas para la comercialización de espacios en el interior de las estaciones y alrededor de ellos. Estos tienen un alto valor por el gran volumen de personas que circulan por ellos. Los valores de las propiedades inmobiliarias se disparan con sólo anunciar por donde pasará un corredor de BRT. Se pueden aprovechar esta oportunidad comprando y vendiendo espacios comerciales y solares alrededor de las Terminales.

Asimismo se pueden ofertar espacios publicitarios en las estaciones y en el interior de los autobuses. Los anuncios deben ser discretos so pena de degradar la estética del sistema, cuando hay demasiados los usuarios no distinguen las señales sobre el uso del sistema, además la reducción de la calidad estética del sistema puede influir en la imagen recibida por los clientes, reduciendo su satisfacción y su posible uso del BRT.

Algunos BRT han logrado tal nivel de aceptación en la comunidad que llegan a generar oportunidades de comercialización de la marca. La venta de camisetas, modelos de autobuses, y otros artículos relacionados con la imagen puede llegar a ser una fuente permanente de recursos. El éxito del marketing del sistema depende de la buena impresión generada en el público, dando un servicio de gran calidad.

En algunos casos, la financiación internacional puede ser una adición apropiada al plan financiero basado en recursos locales y nacionales. Pero las organizaciones internacionales desean ver una asignación importante de recursos locales para estar seguras que existe voluntad política.

Los recursos internacionales pueden venir vía subvenciones o créditos. La concesión de subvenciones se realiza generalmente en pequeñas cantidades y en forma dirigida a actividades como la planificación y la realización de demostraciones. Un ejemplo de ese tipo de subvenciones es la Herramienta Ambiental Global (GEF), creada en 1991 para apoyar a los gobiernos y las organizaciones internacionales para superar amenazas ambientales globales. En este sentido, los recursos GEF son usados para solucionar problemas como la contaminación de las aguas, la conservación de la

biodiversidad, el cambio climático global, la disminución de la capa de ozono, y la eliminación de contaminantes orgánicos persistentes.

Para obtener las ayudas de un proyecto GEF, un municipio debe apoyarse en la oficina nacional del GEF que está normalmente en Ministerio de Medio Ambiente o en el de Exteriores. El proyecto necesita que una de las agencias de implantación se haga cargo de apadrinar el proyecto a lo largo del proceso de solicitud.

Las agencias de implantación pueden ser: el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUA) y los bancos de desarrollo regional. El GEF, con apoyo del Banco Mundial, ha aprobado tres proyectos relacionados con BRT en Santiago (Chile), Lima (Perú) y Ciudad de México.

La financiación del sector privado puede ser apalancada, especialmente para la adquisición de activos como los autobuses. La estructura financiera del BRT puede diseñarse de manera que los costes se amorticen totalmente con los ingresos por viajes, no siendo necesario invertir los recursos públicos en la adquisición de autobuses y maquinaria y dedicándose estos a las infraestructuras.

3. BIBLIOGRAFÍA

- Materias Transversales del Transporte Urbano. Manfred Breithaupt
- El Papel del Transporte en la Política de Desarrollo Urbano (Enrique Peñalosa)
- Instituciones de Transporte Urbano (Richard Meakin)
- Participación del Sector Privado en la Provisión de Infraestructura de Transporte Urbano (Christopher Zegras)
- Instrumentos Económicos (Manfred Breithaupt)
- Acciones para mejorar el Conocimiento Público sobre Transporte Urbano Sostenible (Karl Fjellstrom)
- Planificación de Uso del Terreno y Transporte Urbano (Rudolf Petersen, Wuppertal Institute)
- Manejo de la Movilidad (Todd Litman)
- Opciones de Transporte Público Masivo (Lloyd Wright, UCL; Karl Fjellstrom)
- Transporte Masivo Rápido en Autobuses (Lloyd Wright)
- Normas y Planificación de Autobuses (Richard Meakin)
- Preservar y Expandir el Papel del Transporte No-Motorizado (Walter Hook)

- Combustibles y Tecnologías Vehiculares más Limpios (Michael Walsh; Reinhard Kolke,)
- Inspección, Mantenimiento y Acondicionamiento para la Vía Pública (Reinhard Kolke,)
- Vehículos de Dos y Tres Ruedas (Jitendra Shah,; N.V. Iyer)
- Vehículos a Gas Natural (MVV InnoTec)
- Manejo de Calidad del Aire (Dietrich Schwela)
- Seguridad Vial Urbana (Jacqueline Lacroix; David Silcock)
- Ruido y su Mitigación (Civic Exchange Hong Kong)