División 44
Medio Ambiente e Infraestructura
Proyecto de sector "Transport Policy Advice"

Módulo 3b

Transporte Masivo Rápido en Autobuses TMRB

Transporte Sostenible:
Texto de Referencia para Formuladores de Políticas Públicas en Ciudades en Desarrollo

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Panorama general del texto de referencia

Transporte Sostenible: Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas en Ciudades en Desarrollo

¿Qué es el Texto de Referencia?

Este *Texto de Referencia* sobre Transporte Urbano Sostenible aborda las áreas claves para un marco de políticas en materia de transporte sostenible para una ciudad en desarrollo. El *Texto de Referencia* consiste de 20 módulos.

¿A quién está dirigido?

El *Texto de Referencia* se orienta a los formuladores de políticas públicas en ciudades en desarrollo y a sus asesores. Este grupo objetivo se ve reflejado en el contenido, que provee herramientas para la elaboración de políticas cuya aplicación es apropiada para una serie de ciudades en desarrollo.

¿Cómo se supone que va a ser usado?

El *Texto de Referencia* puede ser usado de varias maneras. Deberá mantenerse en un solo lugar y los diferentes módulos podrán ser repartidos entre las autoridades involucradas en el transporte urbano. El *Texto de Referencia* puede adaptarse fácilmente para responder a las necesidades de un curso de capacitación formal de corta duración, o puede servir como guía para el desarrollo de un currículum u otro programa de capacitación en el área de transporte urbano, áreas en las que está trabajando GTZ.

¿Cuáles son algunas de sus características claves?

Las características claves del *Texto de Referencia* incluyen:

- Una orientación pragmática que se centra en las mejores prácticas de planificación y reglamentación y, en la medida de lo posible, experiencias exitosas en ciudades en desarrollo.
- Los colaboradores son expertos líderes en sus áreas.
- Su presentación es atractiva, fácil de leer e interesante.
- Emplea un lenguaje no técnico (en lo posible) y se explican los términos técnicos.
- Se actualiza a través de Internet.

¿Cómo puedo obtener una copia?

Puede visitar la página http://www.sutp-asia.org o la http://www.gtz.de/transport y obtener detalles acerca de cómo solicitar su copia. El *Texto de Referencia* no se vende con fines de lucro. Cualquier costo vinculado a él sólo refleja el costo de impresión y distribución.

Comentarios o retroalimentación

Con gusto recibiremos cualquier comentario o sugerencias de su parte sobre cualquier aspecto del *Texto de Referencia* a través del correo electrónico transport@gtz.de o por correo a la siguiente dirección:

Manfred Breithaupt
GTZ, División 44
Postfach 5180
D - 65726 Eschborn / Alemania

Módulos y colaboradores

Perspectiva General del *Texto de Referencia*, y Materias Transversales del Transporte Urbano (GTZ)

Orientación institucional y de políticas

1a. El Papel del Transporte en la Política de Desarrollo Urbano (Enrique Peñalosa)

1b. Instituciones de Transporte Urbano (Richard Meakin)

1c. Participación del Sector Privado en la Provisión de Infraestructura de Transporte Urbano (Christopher Zegras, MIT)

1d. Instrumentos Económicos (Manfred Breithaupt, GTZ)

1e. Acciones para mejorar el Conocimiento Público sobre Transporte Urbano Sostenible (Karl Fjellstrom, GTZ)

Planificación de uso del terreno y manejo de demanda

2a. Planificación de Uso del Terreno y Transporte Urbano (Rudolf Petersen, Wuppertal Institute)

2b. Manejo de la Movilidad (Todd Litman, VTPI)

Transporte público, caminar y bicicletas

3a. Opciones de Transporte Público Masivo (Lloyd Wright, UCL; Karl Fjellstrom, GTZ)

3b. Transporte Masivo Rápido en Autobuses (Lloyd Wright, University College London)

3c. Normas y Planificación de Buses (Richard Meakin)

3d. Preservar y Expandir el Papel del Transporte No-Motorizado (Walter Hook, ITDP)

Vehículos y combustibles

4a. Combustibles y Tecnologías Vehiculares más Limpios (Michael Walsh; Reinhard Kolke, Umweltbundesamt – UBA)

4b. Inspección, Mantenimiento y Acondicionamiento para la Vía Pública (Reinhard Kolke, UBA)

4c. Vehículos de Dos y Tres Ruedas (Jitendra Shah, World Bank; N.V. Iyer, Bajaj Auto)

4d. Vehículos a Gas Natural (MVV InnoTec)

Impactos a la salud y al ambiente

5a. Manejo de Calidad del Aire (Dietrich Schwela, World Health Organisation)

5b. Seguridad Vial Urbana (Jacqueline Lacroix, DVR; David Silcock, GRSP)

5c. Ruido y su Mitigación (Civic Exchange Hong Kong; GTZ; UBA)

Recursos

6. Recursos para Formuladores de Políticas Públicas (GTZ)

Módulos y recursos adicionales

Se anticipan más módulos en las áreas de *Capacitación de Conductores; Financiación del Transporte Urbano; Benchmarking;* y *Días sin Auto*. Se están desarrollando recursos adicionales y se encuentra disponible un CD-ROM sobre Fotos del Transporte Urbano.

Module 3b
Transporte Masivo Rápido en Autobuses TMRB

Las conclusiones, interpretación y resultados expresados en este documento se basan en información recolectada por GTZ y sus consultores, socios y colaboradores de fuentes confiables. Sin embargo, GTZ no garantiza la precisión o suficiencia de la información de este documento, y no asume ninguna responsabilidad por errores, omisiones o pérdidas que puedan resultar de la utilización de este material.

Agradecimientos

El Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (ITDP, sigla en inglés) es una organización internacional no-gubernamental dedicada a la promoción de opciones de transporte sostenibles en lo ambiental, económico y social. El Programa de Transporte Masivo Rápido en Buses de ITDP provee asistencia a autoridades locales, organizaciones no-gubernamentales y otros participantes para implantación completa de sistemas TMRB. ITDP colabora en la consecución de recursos técnicos y de información que permiten a las autoridades locales el desarrollo de sistemas TMRB.

El Sr. **Lloyd Wright** estuvo a cargo de las actividades de ITDP en América Latina y del Programa de Transporte Masivo Rápido en Bus de esta organización. El ha trabajado con el Instituto Internacional de Conservación de Energía, la Agencia de EEUU de Protección Ambiental, la Agencia de EEUU para el Desarrollo Internacional, y las Naciones Unidas en temas de transporte y medio ambiente. También fue becario de la Asociación Ambiental EEUU-Asia en Bangkok, Tailandia. El Sr. Lloyd Wright adelanta actualmente un PhD en Planeamiento de Transporte Urbano en el University College London. Cuenta con MsC en Evaluación Ambiental del London Scholl of Economics, MBA de Georgetown University y BSc en Ingeniería de la Universidad de Washington.

El texto ha sido traducido al español por Darío Hidalgo, PhD y MsC en Ingeniería Civil – Planeamiento de Transporte de The Ohio State University, EEUU, Especialista en Evaluación de Proyectos e Ingeniero Civil de la Universidad de los Andes en Bogotá, Colombia. El Sr. Hidalgo ha trabajado como Subgerente General de TRANSMILENIO S.A., la empresa pública a cargo del sistema de transporte masivo en buses de Bogotá; fue Director del Proyecto Metro de la Alcaldía Mayor de Bogotá, y Asesor en temas de transporte y participación privada en infraestructura del Departamento Nacional de Planeación. Actualmente es consultor privado, con trabajos para GTZ, ITDP y el Banco Mundial, entre otros.

Autor:
Lloyd Wright
(University College London)

Editor:
Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
P.O. Box 5180
D - 65726 Eschborn, Alemania
http://www.gtz.de

Division 44, Medio Ambiente e Infraestructura
Proyecto de sector "Transport Policy Advice"

Encargado de
Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
D - 53113 Bonn, Alemania
http://www.bmz.de

Gerente:
Manfred Breithaupt

Equipo Editorial:
Manfred Breithaupt, Karl Fjellstrom, Stefan Opitz, Jan Schwaab

Deseamos agradecer la ayuda brindada por el señor Karl Fjellstrom en la revisión y crítica de todos los artículos escritos, en la identificación de los colaboradores y la coordinación con ellos, y por sus aportes relacionados con todos los aspectos de la confección del Texto de Referencia*, además de su supervisión editorial y organizacional durante todo el proceso de desarrollo del* Texto de Referencia*, desde su concepción inicial hasta el producto final.*

Foto de portada:
Lloyd Wright
Quito, Ecuador, 2002

Maquetación:
Klaus Neumann SDS, GC

Impresión:
TZ Verlagsgesellschaft mbH
Bruchwiesenweg 19, D - 64380 Roßdorf, Alemania

Eschborn, 2002

1. Introducción 1

2. Planeación de un TMRB 3

2.1 Fase I de Planeación: Análisis Inicial 4
Análisis de entorno y de la situación del transporte 4
Análisis de participantes 5
Estudio origen-destino 5
Estudio básico de opciones en transporte masivo 5

2.2 Fase II de Planeación: Estructura de un Sistema TMRB 6
Declaración de principios (visión) 6
Plan de trabajo y cronograma 6
Impactos esperados 8
Aspectos de regulación y legales 9
Estructura administrativa y de negocios 9
Estructura de tarifas 9
Análisis de costos 11

2.3 Fase III de Planeación: Comunicaciones, Servicio al Usuario y Mercadeo 13
Procesos de participación pública 13
Comunicaciones y acercamiento con operadores existentes 14
Plan de educación pública 14
Plan de servicio al usuario 15
Plan de seguridad 17
Plan de Mercadeo 17

2.4 Fase IV de Planeación: Ingeniería y Diseño 17
Localización de corredores 18
Opciones de rutas 19
Ingeniería de vías 20
Diseño de estaciones y terminales 23
Diseño de garajes 25
Diseño y plan de paisajismo 26

2.5 Fase V de Planeación: Tecnología y Equipo 26
Sistemas de recolección y verificación de pagos (billetaje) 27
Centro de control 29
Sistemas inteligentes de transporte 30
Tecnología de buses 30
Estética 32
Diseño Interior del Bus 32
Proceso de adquisición de equipos 32

2.6 Etapa de Planeamiento VI: Integración Modal 33
Plan de Integración Modal 34
Administración de la demanda de viajes 36
Integración con la planeación del uso del suelo 36

2.7 Etapa de Planeamiento VII: Planes para Implantación 36
Plan Financiero 37
Plan de Vinculación de Personal 40
Plan de contratación para el Sistema 40
Planes de construcción e implantación 40
Planes de mantenimiento del sistema 41
Plan de monitoreo y evaluación 41

3. Recursos TMRB 42
Información sobre TMRB 42
Proyectos de ciudades 43

1. Introducción

En la actualidad, el transporte en buses en el mundo tiene bajos niveles de aceptación por parte de los usuarios. Los servicios de buses son, en general, poco confiables, inconvenientes y peligrosos. Como respuesta, los planificadores de transporte y las autoridades públicas sienten mayor predilección por soluciones de transporte masivo extremadamente costosas, como los Metros y otras opciones sobre rieles. Sin embargo, es posible encontrar un punto intermedio entre el servicio deficiente y las deudas gigantescas: el Transporte Masivo Rápido en Buses (TMRB) es capaz de ofrecer servicios de alta calidad, similares a los de un metro, a una fracción de su costo (Figura 1).

El Transporte Masivo Rápido en Buses tiene su origen en América Latina, donde los planificadores y autoridades han ideado soluciones de bajo costo a los grandes problemas de transporte urbano. El rápido crecimiento de las ciudades de América Latina al comienzo de los años 70s generó fuertes presiones sobre los proveedores de servicios de transporte urbano. Al tiempo, los planificadores enfrentaron altos crecimientos de la población, fundamentalmente dependiente del transporte público, con exiguos recursos financieros para desarrollar infraestructura vehicular. Este reto, hizo necesario que desarrollaran un nuevo paradigma de transporte. La respuesta, ingeniosa, fue el Transporte Masivo Rápido en Buses: un metro de superficie que utiliza carriles de uso exclusivo para buses, entre otros componentes. Los encargados de desarrollar sistemas TMRB en América Latina se dieron cuenta que el principal objetivo es mover *personas* de manera rápida, eficiente y a bajo costo, no necesariamente hacer circular *automóviles*.

El concepto de TMRB se ha expandido gradualmente a otras ciudades, que buscan soluciones efectivas de transporte público a bajo costo. Con cada nuevo experimento con sistemas TMRB, el concepto evoluciona. En general, TMRB es un sistema de transporte público de alta calidad, orientado al usuario, que ofrece movilidad urbana rápida, confortable, efectiva y de bajo costo. TMRB también es conocido con otros nombres, incluyendo Sistemas de Buses de Alta Capacidad, Sistemas de Buses de Alta Calidad, Metro-Bus, y Sistema de Buses Expresos. Los sistemas TMRB incorporan la mayoría de los componentes de alta calidad de los sistemas metro subterráneos sin los elevados costos, afortunadamente. Por ello los sistemas TMRB también reciben el nombre de "metros de superficie".

Las principales características de los sistemas TMRB incluyen:

- Carriles exclusivos para buses
- Rápido ascenso y descenso de pasajeros
- Estaciones y terminales limpios, seguros y confortables
- Recaudo eficiente antes de abordar

Sistemas TMRB alrededor del mundo, y comparación con sistemas de transporte masivo rápido sobre rieles (TMRR)

Para una selección de TMRB alrededor del mundo, y una comparación de TMRB con otros sistemas de transporte masivo en elementos como costo, velocidad, capacidad de transporte de pasajeros, reducción de la pobreza, impacto ambiental y otros, por favor consulte el Módulo 3a. Opciones de Transporte Público Masivo.

Fig. 1
El TMRB proporciona transporte público sofisticado con la calidad de un metro a un costo que la mayoría de las ciudades, incluso aquellas en desarrollo, pueden sufragar.
Foto cortesía de Sistemas de Transporte Público Avanzados (APTS)

- Señalización clara y visible, así como dispositivos de información en tiempo real
- Prioridad al transporte público en intersecciones
- Integración modal en estaciones y terminales
- Buses con tecnologías limpias
- Mercadeo con identidad sofisticada
- Excelencia en el servicio al usuario

En América Latina, los sistemas TMRB se han construido a costos relativamente bajos: US$1 millón a US$5,3 millones por kilómetro. Esto es mucho menos que los US$65 a US$207 millones por kilómetro de los sistemas de metro subterráneo. Además, una vez construidos, la mayoría de sistemas TMRB pagan su operación con las tarifas, usualmente menores a US$0,50 por viaje en América Latina. Este tipo de sistemas también son capaces de mover mayor número de pasajeros por unidad de tiempo que los sistemas de tren ligero, y tienen capacidad similar que los sistemas segregados sobre rieles. Al usar carriles expresos y carriles de sobrepaso, Sao Paulo, Brasil, y Bogotá, Colombia, han logrado flujos por encima de 35.000 pasajeros por hora por dirección.

Las tendencias actuales muestran que hay grandes dudas sobre el futuro del transporte público. El automóvil privado está ganando la batalla de la participación modal. Al aumentar el ingreso en las naciones en desarrollo, hay mas usuarios de vehículos privados. Al mismo tiempo, la demanda de transporte público esta bajando en casi todo el mundo. El Reporte *Movilidad 2001* del Concejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible (http://www.sustainablemobility.org) indica que los sistemas de transporte público en las ciudades más grandes del mundo están perdiendo entre 0,3% y 1,2% viajeros cada año (Tabla 1).

TMRB es la respuesta de la industria del transporte público a esta disminución; en un intento de ofrecer servicio realmente competitivo al auto privado. Con la introducción del sistema TransMilenio de TMRB en Bogotá, Colombia, la demanda de transporte público se incremento de 67% a 68% cuando el sistema sólo ha puesto al servicio dos de 22 líneas planeadas. Este incremento ocurrió durante el primer año de operación del sistema, de Enero a Diciembre de 2001. En el TMRB de Curitiba se observó un incremento similar cuando inició operaciones; la demanda aumento un 2,35% anual por dos décadas, cifra suficiente para mantener la participación del transporte público en la demanda de transporte, cuando en todas las otras ciudades brasileñas se observaron reducciones significativas.

"La voluntad política es de lejos el ingrediente más importante"

Las razones para la reducción de la demanda del transporte público son fáciles de encontrar (Figura 2). Servicios de mala calidad, tanto en el mundo desarrollado como en desarrollo, facilitan que los viajeros busquen al vehículo privado como opción de transporte cotidiano. El auto y la moto privados son muy atractivos, tanto en desempeño como de imagen. Los usuarios de transporte público dan las siguientes razones para cambiarse a vehículos privados:

1. Mala localización de estaciones y frecuencia de servicios inconveniente.
2. Temor al crimen en estaciones y dentro de los buses.
3. Peligro en el estilo de manejo del conductor y las condiciones mecánicas de los vehículos.

Tabla 1: Cambios a través del tiempo del promedio diario de viajes en transporte público para ciudades seleccionadas (incluye bus, tren y transporte cuasi-público)

Concejo Mundial de Negocios para Desarrollo Sostenible, 2001

	Año Base				Año Final			
Ciudad	**Año**	**Población (millones)**	**Viajes/día Transporte Público**	**Porcentaje de todos los viajes**	**Año**	**Población (millones)**	**Viajes/día Transporte**	**Porcentaje de todos los viajes**
México	1984	17,0	0,9	**80**	1994	22,0	1,2	**72**
Moscú	1990	8,6	2,8	**87**	1997	8,6	2,8	**83**
Santiago	1977	4,1	1,0	**70**	1991	5,5	0,9	**56**
Sao Paulo	1977	10,3	1,0	**46**	1997	16,8	0,6	**33**
Seúl	1970	5,5		**67**	1992	11,0	1,5	**61**
Shangai	1986	13,0	0,4	**24**	1995	15,6	0,3	**15**
Varsovia	1987	1,6	1,3	**80**	1998	1,6	1,2	**53**

4. Servicio mucho más lento que los vehículos privados, especialmente cuando los buses realizan paradas frecuentes.
5. Incomodidad por sobrecarga de pasajeros en los vehículos.
6. Costo de pasaje relativamente elevado para algunos hogares de naciones en desarrollo.
7. Mala organización de servicios y pésima información al usuario, que hacen difícil el uso de los sistemas; y
8. Bajo status de los servicios de transporte público.

TMRB enfrenta cada una de estas deficiencias; es una opción de transporte público rápida, de alta calidad, segura y confiable. La Figura 3 presenta imágenes de Bogotá, Colombia antes y después del desarrollo de su Sistema TransMilenio.

Fig. 2
El transporte público significa dificultad y peligro en muchos países en desarrollo.
Lloyd Wright

2. Planeación de un TMRB

Las mediciones realizadas de los beneficios económicos, ambientales y sociales de los TMRB, constituyen argumentos poderosos para que más ciudades en desarrollo consideren este tipo de sistemas como prioritarios para el avance de sus sistemas de transporte. Sin embargo, al ser un concepto novedoso, aún existen muchas barreras para su diseminación. Estas barreras incluyen:

- Falta de voluntad política
- Escasez de información
- Baja capacidad institucional
- Ausencia de capacidad técnica
- Falta de recursos para su financiación
- Limitaciones geográficas/físicas

La voluntad política es de lejos el ingrediente más importante para lograr que un TMRB funcione. Superar la resistencia de los grupos de interés y la inercia general contra el cambio es comúnmente un obstáculo imposible de superar para los administradores públicos, en especial para los alcaldes. Sin embargo, para aquellos que se comprometen con el TMRB, las ganancias políticas pueden ser apreciables. Por ejemplo, los líderes políticos que

Fig. 3
El Sistema TMRB TransMilenio juega un papel fundamental en el mejoramiento de la calidad de vida de Bogotá
Lloyd Wright

generaron el desarrollo de los sistemas TMRB de Curitiba y Bogotá, Jaime Lerner y Enrique Peñalosa, respectivamente, no sólo dejaron un gran legado en sus ciudades con implicaciones en el largo plazo; también gozan de enorme popularidad y éxito.

No obstante, incluso con la firme decisión política de implantar un sistema TMRB, hay obstáculos que superar. Este módulo sobre lineamientos de planeación contiene información que puede ayudar en la construcción de capacidad institucional y técnica, así como en la exploración de opciones de financiamiento. Este módulo presenta un vistazo general de la estructura y contenidos de un plan para TMRB. Dado que estos elementos de planeación son extractados de planes de TMRB existentes, es necesario reconocer que las prácticas de planeación varían en forma importante de acuerdo con el lugar y las circunstancias. Por lo tanto, los planes para TMRB en una ciudad específica pueden necesitar otros elementos que están fuera del alcance de este Libro de Recursos.

"Un proceso de planeamiento de TMRB adecuadamente enfocado puede completarse razonablemente en 12 a 18 meses"

El hecho de usar documentos de planeación de TMRB de otras ciudades no necesariamente genera reducciones importantes de los costos de planeamiento. Este resumen de elementos de planeación de TMRB puede ayudar a reducir algunos costos de consultoría iniciales y, por tanto, puede permitir que las autoridades locales enfoquen sus recursos y esfuerzos en áreas específicas donde se requiera atención especial. También se espera que este resumen ayude a reducir la cantidad de tiempo requerida para pasar de la fase conceptual a la implantación. Un proceso de planeación de TMRB bien enfocado puede completarse razonablemente en 12 a 18 meses.

Las fases de planeamiento se presentan en un orden cronológico general. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que existe interacción significativa entre las diferentes fases, y que algunas actividades deben desarrollarse de manera simultánea. Por ejemplo, las decisiones sobre tecnología tienen impacto en el análisis financiero y las decisiones sobre las rutas impactan el diseño de carriles exclusivos para buses.

2.1 Fase I de Planeación: Análisis Inicial

Antes del desarrollo formal de un plan para TMRB, se debe contar con cierta información básica que asegure una base sólida para la toma de decisiones. En muchos casos, estudios y procesos previos de planeación cuentan con una porción de la información base requerida. El siguiente es un listado del tipo de información inicial básica para el desarrollo de un plan para TMRB:

1. Análisis de entorno y de la situación del transporte

- Población y densidad de población
- Partición modal existente
- Costos y tarifas de transporte
- Condiciones ambientales

2. Análisis de participantes

- Operadores de transporte existentes, asociaciones de operadores y conductores (formales e informales)
- Usuarios (incluyendo pasajeros de transporte público, propietarios de vehículos privados, usuarios de transporte no motorizado, viajeros estudiantiles, comunidades de bajos ingresos, personas con discapacidad física, personas mayores)
- Agencias locales de tránsito y transporte
- Agencias locales de medio ambiente
- Agencias locales de desarrollo urbano
- Policía de tránsito y transporte público
- Agencias nacionales o regionales relevantes
- Organizaciones no gubernamentales
- Organizaciones comunitarias

3. Estudio de origen y destino

4. Estudio básico de opciones de transporte público:

- Situación actual
- Tren ligero
- Tren urbano
- Transporte Masivo Rápido en Buses
- Metro subterráneo o elevado

Análisis de entorno y de la situación del transporte

El análisis de entorno y de la situación del transporte ayuda a caracterizar las condiciones existentes y generar una línea base para compararla con la propuesta de nuevo sistema. El análisis de

entorno y de la situación del transporte también resalta los temas críticos, como la reducción de contaminantes del aire en ciertas zonas. Adicionalmente, este análisis también ayuda a identificar zonas específicas de la ciudad, como las áreas de crecimiento rápido que se pueden beneficiar de esquemas de desarrollo orientados al transporte público.

Análisis de participantes

En el período inicial también es conveniente iniciar la identificación de grupos y organizaciones clave, que deben participar en la planeación y desarrollo de mejoras en los servicios de transporte público. Diferentes organismos públicos, departamentos y administradores tienen sus propias opiniones e intereses respecto al desarrollo del sistema de transporte. Así mismo, algunas organizaciones no gubernamentales y comunitarias pueden ser importantes en etapas subsiguientes cuando sea necesario realizar procesos de participación ciudadana, por lo cual es oportuno identificarlas desde el período inicial.

Estudio origen-destino

Un buen estudio de origen y destino de viajes (O/D) es la base fundamental para toda actividad de planeación de transporte. Este tipo de estudio se realiza para contar con los patrones de viaje en la ciudad. Un estudio O/D ideal debe identificar no sólo la naturaleza geográfica de los viajes, sino también establecer el horario y, en algunos casos, distinguir el propósito de los viajes (desplazamientos al trabajo, estudio, compras, etc.). A partir del estudio O/D se pueden identificar los corredores principales de transporte público, y las zonas donde puede ser necesario contar con servicios de alimentación. La Figura 4 muestra una representación gráfica de los datos recogidos durante el estudio O/D en Bogotá, Colombia.

Por supuesto, los patrones existentes de viaje no son los únicos elementos en el proceso de decisión. La localización de servicios de transporte público también puede verse desde el lado de la oferta. En algunos casos, las administraciones locales desean ubicar corredores de buses como elemento de desarrollo ordenado alrededor del transporte público.

Estudio básico de opciones en transporte masivo

La etapa final en el proceso inicial es, en muchos casos, más no en todos, un estudio general de opciones tecnológicas de transporte masivo (TMRB, tren ligero, tren urbano, metro, etc.). El modulo previo (Módulo 3a: *Opciones de Transporte Público Masivo*) contiene una discusión sobre ventajas y desventajas de estas opciones. Sin

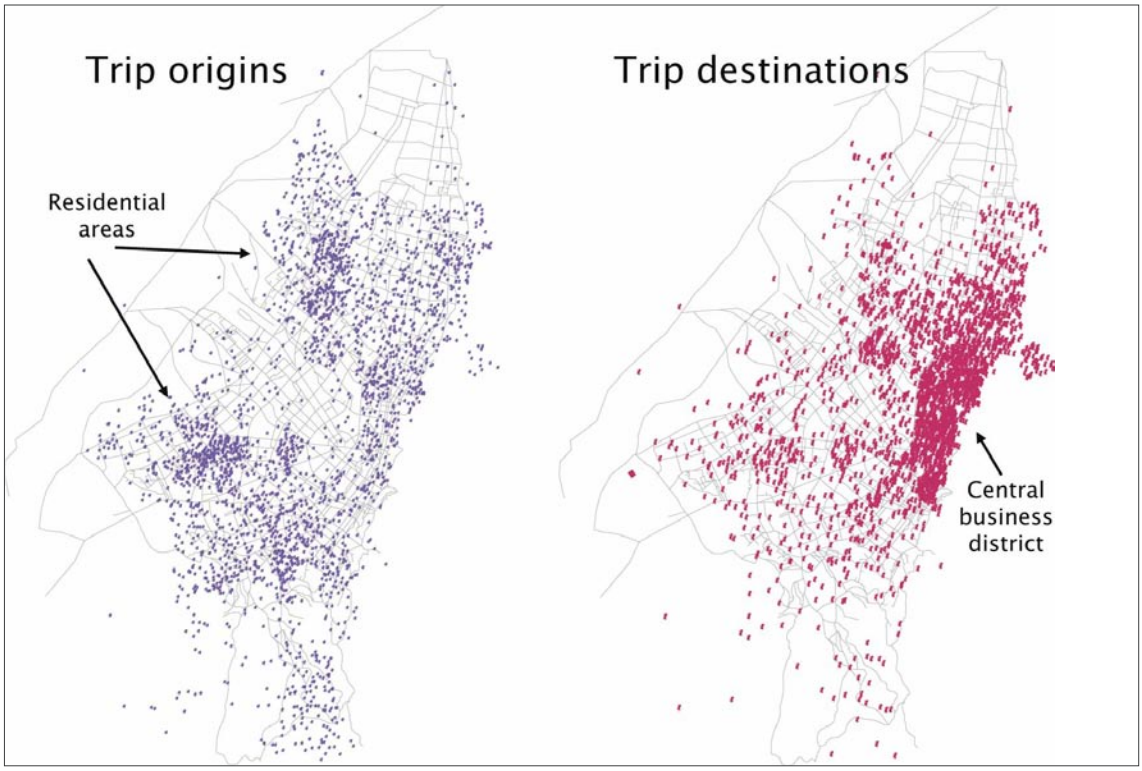


Fig. 4
Ilustración de los resultados de un estudio de origen-destino en Bogotá, Colombia

embargo, la administración local puede aplazar la decisión de opciones tecnológicas hasta más tarde en el proceso. La selección de tecnología de transporte público se basa en muchas consideraciones donde el desempeño y el costo son, generalmente, las más importantes. Estos elementos se derivan, idealmente, de un análisis objetivo de la situación actual y proyectada.

No obstante, en muchos casos la selección de tecnología se realiza antes que siquiera exista un análisis de la situación actual (línea base) y generalmente esa selección depende más de preferencias personales de los encargados de la toma de decisiones, que de estudios de las necesidades de los usuarios y del desarrollo urbano. El análisis de la situación y los estudios O/D son puntos de arranque que deben facilitar muchas de las decisiones macro y micro sobre el nuevo sistema de transporte público. Un equipo de planeación puede completar otras fases en el proceso (fases de planeación II, III y los elementos de ruta de la fase IV) antes de comprometerse con una tecnología particular.

2.2 Fase II de Planeación: Estructura de un Sistema TMRB

En la segunda fase del proceso de planeación se determina la visión y la estructura organizacional del sistema propuesto. En esta fase se examina la factibilidad financiera del sistema mediante un análisis de costos e ingresos. A continuación se enumeran posibles contenidos de esta fase de planeación:

1. Declaración de principios (visión)

2. Plan de trabajo y cronograma

3. Impactos esperados

- Económicos – Impactos de mejoras en la movilidad, eficiencia económica y empleo
- En el medio ambiente – Calidad del aire (contaminantes locales, regionales y globales), contaminación del agua y el suelo, ruido
- Sociales – Acceso a servicios sociales, consideraciones de equidad
- En la estructura urbana – Cambios en la forma, densidad y tamaño de la ciudad, impactos en el tipo de uso del suelo

4. Aspectos de regulación y legales

5. Estructura administrativa y de negocios

- Diseño del componente público del sistema y de los mecanismos de control de calidad
- Diseño de los operadores y concesionarios privados

6. Estructura de tarifas

- Operación sin subsidios o soportada con recursos del gobierno
- Opciones de distribución de ingresos
- Tarifas planas vs. basadas en distancia

7. Análisis de costos

- Planeación (estudios y diseños)
- Infraestructura
- Operaciones

Declaración de principios (visión)

La declaración de principios, o de la visión, es un anuncio de carácter político que genera una perspectiva amplia de los objetivos del sistema propuesto. Esta declaración determina la dirección y mandato fundamental para el equipo de planeación y puede ser usada para estimular interés y aceptación del concepto para la comunidad. Esta declaración de principios no debe ser muy detallada, sólo describir la forma, expectativas y calidad general del proyecto que se propone.

Plan de trabajo y cronograma

Una vez se tiene la visión del sistema, es necesario preparar un plan de trabajo detallado con cronogramas y mecanismos para lograr los objetivos. Al mostrar los pasos de cada fase del proceso, los administradores públicos locales y el publico tendrán una mejor idea del alcance del proyecto y de las actividades necesarias para hacerlo realidad. Sin excepción, las ciudades subestiman el tiempo requerido para completar un plan para un TMRB. Como se ha indicado previamente, un plan para TMRB puede ser ejecutado en 12 a 18 meses. Por supuesto, la duración real del proceso de planeación depende en gran medida de la complejidad del proyecto y de las condiciones locales.

"Al compartir el plan de trabajo y el cronograma con los representantes elegidos popularmente, la prensa y el público se facilita que todos tengan expectativas realistas del progreso del proyecto"

Tener a mano el plan de trabajo y el cronograma asegura que los elementos importantes, como el plan de comunicaciones y educación de usuarios, no se dejan inadvertidamente por fuera. Al

	Actividad	Preproyecto	Meses 1-3	Meses 4-6	Meses 7-9	Meses 10-12	Meses 13-15	Meses 16-18
1.	**Análisis Pre-Planeación**							
1.1	Análisis de entorno y situacional							
1.2	Análisis de participantes							
1.3	Estudio Orígen/Destino							
1.4	Revisión de opciones de transporte público							
2.	**Estructura del sistema TMRB**							
2.1	Declaración de principios (visión)							
2.2	Plan de trabajo y cronograma							
2.3	Aspectos regulatorios y legales							
2.4	Estructuras administrativas y de negocios							
2.5	Estructura tarifaria							
2.6	Análisis de costos							
3.	**Comunicaciones, servicio al usuario y mercadeo**							
3.1	Proceso de participación pública							
3.2	Aproximación a los operadores de transporte existentes							
3.3	Plan de educación pública y de usuarios							
3.4	Plan de servicio al usuario							
3.5	Plan de seguridad							
3.6	Plan de mercadeo							
4.	**Ingeniería y diseño**							
4.1	Localización de corredores							
4.2	Opciones de rutas							
4.3	Ingeniería vial							
4.4	Diseño de estaciones y terminales							
4.5	Diseño de patios y talleres							
4.6	Diseño de espacio público y plan de paisajismo							
5.	**Tecnología y equipos**							
5.1	Sistemas de venta y verificación de pasajes							
5.2	Plan para control centralizado							
5.3	Sistemas avanzados de información (ITS)							
5.4	Tecnología y equipos							
5.5	Aspectos estéticos							
5.6	Diseño interior de buses							
5.7	Proceso de adquisición de buses							
6.	**Integración modal**							
6.1	Plan de integración modal							
6.2	Administración de la demanda de viajes							
6.3	Integración con la planeación del uso del suelo							
7.	**Plan de implantación**							
7.1	Plan financiero							
7.2	Plan de recursos humanos							
7.3	Plan de contratación							
7.4	Plan de mantenimiento							
7.5	Plan de monitoreo y evaluación							

Fig. 5
Un ejemplo ilustrativo de cronograma para un proyecto TMRB

Tabla 2: TMRB y Reducción de Emisiones

Mecanismo de reducción de emisiones	Descripción	Técnica de medición
Cambio de modo de transporte y mantenimiento de la participación del transporte público	Al ofrecer un servicio de transporte público de alta calidad, el TMRB ayuda a mantener y motivar nuevos usuarios, muchos de los cuales usarían transporte individual que genera altas emisiones	Encuestas antes y después de distribución por modos de transporte; estimación y uso de factores de emisión para varios modos
Capacidad de los buses	Un bus articulado reemplaza 4 a 5 buses de menor tamaño	Comparaciones de economía de combustible por pasajero transportado
Cambios en uso del suelo	Alrededor de los TMRB pueden ocurrir cambios estructurales; estos cambios pueden reducir el número, longitud, y los modos de viaje	Comparaciones de uso del suelo antes y después; modelación del uso del suelo
Vías exclusivas para buses	Los buses que operan en vías exclusivas en vez de operar en carriles mixtos, reducen la congestión y permiten ahorro de combustible no sólo para el transporte público sino para el tráfico general	Comparaciones de economía de combustible
Distancia de paradas (espaciamiento de estaciones)	Los conductores de servicios tradicionales de baja capacidad paran frecuentemente en distancias cortas. Las estaciones del TMRB implican que los buses tienen paradas cada 500 m o más, y por ello logran mayores eficiencias de uso de combustible	Análisis de eficiencia de uso de combustible
Tiempos de parada	El rápido ascenso y descenso de pasajeros asociado con TMRB significa que hay menos tiempo perdido en paradas, logrando mayor eficiencia en uso de combustible	Análisis de eficiencia de uso de combustible
Eficiencia de rutas	Una estructura de rutas más racional significa distancias de viaje más cortas y un uso más eficiente de los recursos	Distancia de viaje y análisis de economía de combustible
Tecnología de propulsión de buses / selección de combustible	Sistemas de propulsión de menores emisiones pueden ayudar a reducir emisiones	Economía de combustible y análisis de emisiones
Mejor mantenimiento de buses	Mejor mantenimiento de buses puede también ayudar al desempeño más económico	Análisis de economía de combustible

compartir el plan de trabajo y el cronograma con los miembros de corporaciones públicas, administradores públicos, la prensa y la comunidad facilita que todos los interesados mantengan expectativas realistas del progreso del proyecto.

No importa lo bien que se prepare un plan, normalmente aparecen eventos inesperados que hacen necesaria la realización de modificaciones. Por ello, el plan y el cronograma deben ser revisados y ajustados en forma continua durante el proceso de planeación. La Figura 5 presenta un ejemplo de cronograma para un TMRB.

Impactos esperados

Los análisis de impacto son requisitos normales por ley en términos de medición de los efectos esperados en la economía, el ambiente y la sociedad. El aspecto formal de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIAs) es ampliamente conocido, pero la realización de dichas evaluaciones está aún en su infancia en algunos países. Los proyectos de transporte público normalmente traen impactos positivos en el ambiente a través de la reducción del uso de vehículos privados y mejoras en la eficiencia del transporte público y las subsiguientes reducciones de emisiones provenientes de estas fuentes móviles. Sin embargo, el proceso de construcción de la infraestructura puede traer efectos negativos que deben ser mitigados en el mayor grado posible.

El TMRB reduce emisiones contaminantes relacionadas con el transporte de varias maneras. La Tabla 2 discute algunos de estos mecanismos al tiempo con técnicas de medición de la reducción de emisiones.

En muchísimos casos toda la discusión sobre reducción de emisiones se concentra en la tecnología de propulsión de los vehículos y la selección del combustible. Si bien opciones como el gas natural, combustibles de alcohol, sistemas híbridos-eléctricos, y sistemas de celda de combustible, pueden jugar un papel importante en la estrategia general de reducción de emisiones contaminantes, una perspectiva que sólo mire las emisiones de los tubos de escape puede eclipsar la gran reducción de emisiones que se pueden obtener por mayores eficiencias. Al respecto, la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2002) indica:

"Sin considerar si un bus es "limpio" o "sucio", si está razonablemente lleno reemplaza entre 10 y 40 vehículos motorizados (vehículos de dos ruedas y automóviles; en algunas ciudades en desarrollo el desplazamiento principal es de motocicletas). Los consiguientes ahorros de combustible, reducciones de CO_2, y disminución de otros contaminantes pueden ser apreciables – nuestro análisis de escenarios sugiere que pueden ser mucho más grandes que los beneficios potenciales de una mejora en combustible o tecnología del bus en si mismo. Entonces, poner buses en funcionamiento en la vía y hacer que las personas utilicen esos buses (principalmente por ofrecer un servicio que las personas buscan) es la mejor estrategia para proveer un sistema de transporte eficiente y sostenible."

Los impactos económicos incluyen efectos sobre el empleo, tanto durante la construcción como la operación, así como mejoras en eficiencia general resultado de un sistema de transporte coherente. Los impactos sociales son también generalmente positivos, en la medida que grupos de menores ingresos obtienen mayores oportunidades de acceso a servicios y empleos.

Aspectos de regulación y legales

En muchas ciudades en desarrollo, los permisos de prestación de servicios de transporte público se otorgan a operadores individuales sobre rutas específicas. Un sistema integrado para toda la ciudad TMRB requiere reformas en los mecanismos de licenciamiento de servicios y en la regulación del transporte público.

Estructura administrativa y de negocios

Esta fase también genera la oportunidad de evaluar si el sistema va a ser operado por una organización pública o una privada, o a través de una mezcla de elementos públicos y privados. La estructura organizacional y administrativa tiene profundas implicaciones en la eficiencia, operación y costos del sistema. No hay una solución sencilla que funcione siempre. No obstante, la mayor parte de las administraciones locales hacen uso de mecanismos de participación privada para hacer factibles los proyectos desde el punto de vista financiero. De otro lado, los sistemas exitosos mantienen supervisión y control de calidad en administradores públicos (para más información ver el Módulo 3c: *Regulación y Planeación de Buses*). El sistema TransMilenio de Bogotá es un ejemplo de sistema mixto (público y privado) que busca los mejores elementos de cada sector.

La Figura 6 muestra la estructura general del sistema TransMilenio, donde la compañía pública (TRANSMILENIO S.A.) tiene la responsabilidad de la administración general y el control de calidad del servicio. Sin embargo, TRANSMILENIO S.A. en si misma es una organización de sólo 70 personas, aproximadamente, que supervisa un sistema para una ciudad de siete millones de habitantes. Las concesiones privadas son usadas para otros elementos del sistema, incluyendo la recolección de tarifas y la operación de buses. El gerente de TRANSMILENIO S.A. reporta directamente al despacho del Alcalde. TRANSMILENIO S.A., y por su intermedio el gobierno de la ciudad, contrata los operadores privados y les asigna una proporción importante de los riesgos financieros, pero mantiene control del servicio. En el caso del sistema TransMilenio, los operadores privados tienen la responsabilidad de adquirir los buses, mientras el sector público enfoca sus recursos a la provisión de infraestructura.

"Los sistemas en ciudades como Bogotá y Curitiba dependen de un cálculo estricto de los costos de operación para distribuir apropiadamente los ingresos"

Estructura de tarifas

Los niveles de tarifa, por supuesto, determinan el volumen de pasajeros y también quiénes tienen la capacidad de pagar la tarifa de uso del sistema. La estructuración de la tarifa también tiene gran influencia en el desempeño de los operadores del sistema. Una ventaja de los sistemas de TMRB, en comparación con otros sistemas de transporte masivo, es que, en general, no requieren subsidios

operativos. Al evitar los subsidios públicos se simplifica la administración del sistema y se reduce la necesidad continua de justificar los gastos del sistema a corporaciones públicas y a los votantes.

En muchos casos en países en desarrollo, los sistemas de transporte operan más como servicios de taxi privado que como sistemas coordinados. Los incentivos existentes significan que el ingreso de los operadores y conductores depende directamente del número de pasajeros que utilizan cada bus. El resultado es un sistema en el cual los conductores compiten ferozmente por los pasajeros contra otros conductores. Para hacerlo, los conductores se detienen en forma indiscriminada, conducen en forma riesgosa a gran velocidad, y trabajan horarios excesivos, con alto riesgo de accidentes. Antes de la implantación de TransMilenio, muchos conductores trabajaban hasta 16 horas al día. Ahora pueden ganar salarios mayores durante un turno de 6 horas por día (Figura 7). La diferencia radica en la distribución de los ingresos. En vez de ganancias basadas exclusivamente en el número de pasajeros en cada vehículo, los conductores y operadores ahora ganan de acuerdo con una fórmula basada, principalmente, en el número de kilómetros recorridos. Ese número de kilómetros recorridos depende de la programación de servicios del sistema. Como consecuencia, los operadores no tienen porque exceder los límites de velocidad o manejar en forma peligrosa. En cambio, ellos tienen un incentivo para ofrecer un buen servicio al usuario y beneficiar a todos los agentes. Terminar con la "batalla por los usuarios" a favor del pago por kilómetros recorridos es una aproximación "ganadora" para los conductores y operadores, "ganadora" para los administradores públicos locales, y "ganadora" para la seguridad y satisfacción del usuario.

Desde la perspectiva del usuario, las tarifas pueden ser planas o una función de la distancia recorrida. En la mayoría de ciudades en América Latina, las tarifas son planas. Hay muchas razones para esta preferencia. Primero, una tarifa plana hace más simple el sistema de recolección de pasajes, y puede reducir sustancialmente los costos de capital y de operación de los sistemas de recaudo. Por ejemplo, los esquemas de tarifa plana, implican tecnologías simples sin tiquete; por ejemplo, torniquetes operados con monedas. Con sistemas basados en la distancia recorrida, deben usarse tecnologías más costosas de banda magnética o tarjetas sin contacto. Segundo, un sistema de tarifa plana puede ser un mecanismo para asegurar mayor equidad al interior de los servicios de transporte. En América Latina, y otras partes del mundo en desarrollo, los grupos más pobres de la población viven en zonas apartadas del centro de las ciudades y enfrentan viajes al trabajo largos y costosos. Esta situación significa que los grupos de bajos ingresos incurren en los mayores gastos al buscar empleo y acceder a servicios sociales. Un sistema de tarifa

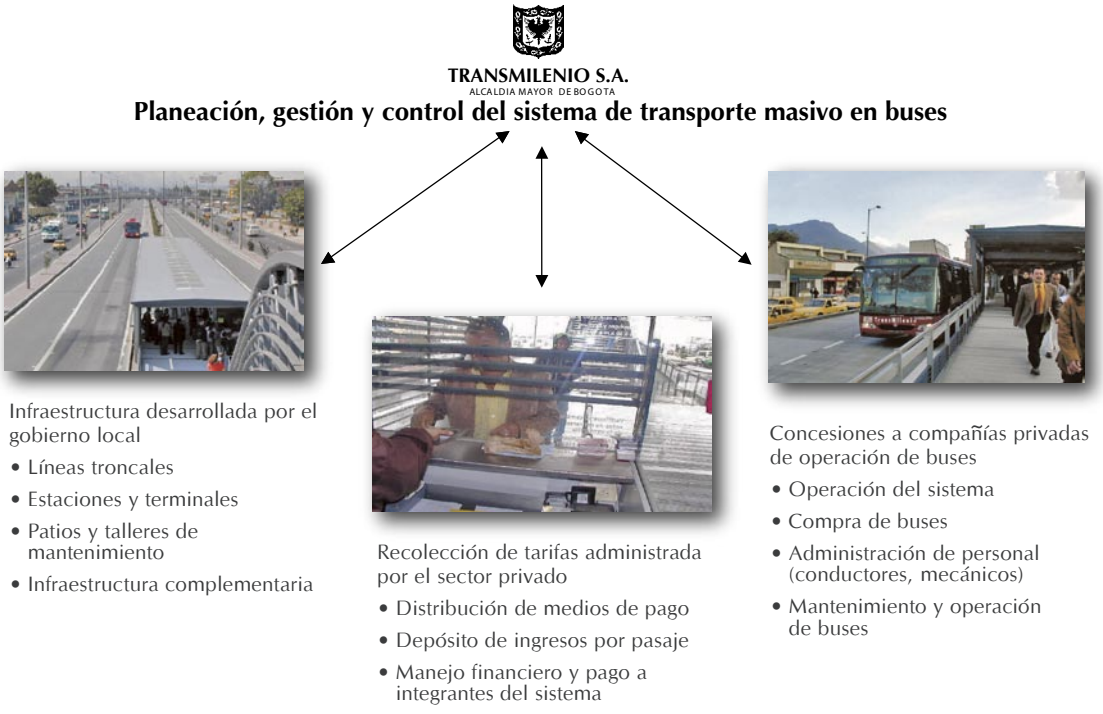


Fig. 6
Estructura organizacional del Sistema TransMilenio de Bogotá

plana genera un subsidio cruzado diseñado para asistir a estos grupos de bajos ingresos.

A pesar de lo anterior, también existen argumentos a favor de estructuras de tarifa basadas en la distancia. Lo más importante es que las tarifas por distancia reflejan los costos de operación real y, como consecuencia, proporcionan una medida más precisa de los gastos de operación del sistema.

Análisis de costos

Esta etapa del proceso de planeación también permite examinar la factibilidad financiera del sistema a través de un análisis inicial de costos. Esta sección examina tanto los costos de capital como los operacionales. Así mismo, deben ser incorporados los costos asociados con el proceso de planeación. A pesar que estos costos son sólo discutidos hasta esta sección, debe realizarse una aproximación y compromiso con ellos antes que comience el proceso de planeación.

El costo del proceso de planeación del TMRB puede variar desde US$ 500.000 a más de US$ 3 millones, dependiendo de la capacidad interna del equipo de planeación en la administración local así como el grado de participación de consultores externos. En el momento, organizaciones como ITDP y GTZ realizan esfuerzos para ayudar a reducir estos costos de planeación. Al compartir las experiencias de planeación de ciudades como Bogotá, Colombia, estas organizaciones esperan que las ciudades puedan reducir en forma significativa los costos iniciales de planeación de un sistema de TMRB.

Como se indica en el Módulo 3a: *Mass Transit Options*, el TMRB es una solución de transporte público de alta calidad y de bajo costo. Los sistemas en América Latina, se han construido a un costo de US$ 1 millón a US$ 5 millones por kilómetro, lo que significa una fracción de las opciones ferroviarias. El costo de capital de la infraestructura es, por lo general, responsabilidad del sector público, de la misma manera que se encarga de la construcción de vías para vehículos particulares. La Tabla 3 identifica el costo total por kilómetro y las principales categorías de costo de la infraestructura de los primeros corredores del sistema TransMilenio.

Tabla 3:
Distribución de los costos de construcción de TMRB para TransMilenio de Bogotá

Componente	Costo Total (US$ millones)	Costo por Km (US$ millones)*
Líneas Troncales	94,7	2,5
Estaciones	29,2	0,8
Terminales	14,9	0,4
Puentes Peatonales	16,1	0,4
Patios y Talleres	15,2	0,4
Centro de control	4,3	0,1
Otros (predios, preiversión)	25,7	0,7
Total	**198,8**	**5,3**

* Las Líneas iniciales de TransMilenio miden 37 Km en total

Fig. 7
Estas fotografías de "antes y después" de TransMilenio, muestran la impresionante mejora en la calidad de vida de trabajo para los operadores del transporte público en Bogotá.
Lloyd Wright

El cálculo de los costos de operación del sistema tiene gran importancia, no sólo para la determinación de los niveles de tarifa, sino también para la definición de incentivos y utilidades de los operadores privados. Los sistemas de ciudades como Curitiba y Bogotá dependen de un cálculo estricto de los costos operativos para distribuir adecuadamente los ingresos entre los operadores, recaudadores y administradores del sistema.

Hay dos tipos de tarifas para el proceso de cálculo. La Tarifa Técnica refleja el costo real por pasajero que implica operar el sistema, más un margen de utilidad. La Tarifa al Usuario, que es el valor que pagan los pasajeros, es el resultado de redondear hacia arriba la Tarifa Técnica con el fin de utilizar valores de moneda circulante. La diferencia entre la Tarifa Técnica

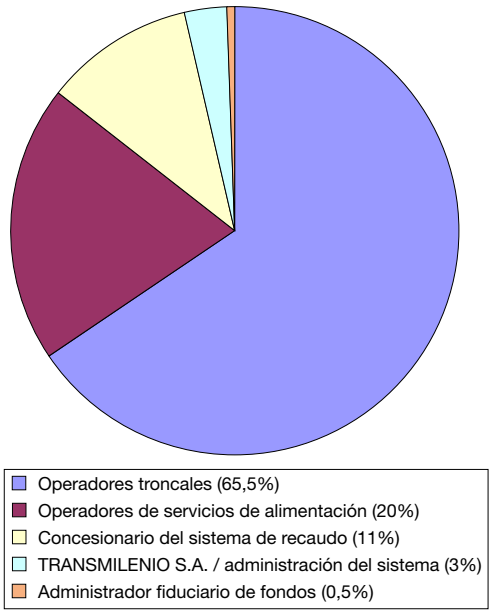


Fig. 8
Distribución de los ingresos del sistema TransMilenio

y la Tarifa al Usuario (del orden de 0,5% en el caso de TransMilenio en Bogotá), se deposita en un Fondo de Contingencias. Este fondo esta diseñado para manejar eventos inesperados, tales como caída de la demanda a niveles excepcionalmente bajos, horarios extendidos de operación, terrorismo y vandalismo, y problemas que pudieran surgir por hiperinflación.

La Tarifa Técnica es la base para distribuir los fondos a los agentes privados contratados para los diferentes componentes de operación del sistema, de acuerdo con la siguiente fórmula:

Pasajes vendidos X Tarifa Técnica = Remuneración de los agentes del sistema

Para TransMilenio (Figura 8), la mayor parte de los ingresos se distribuyen a los concesionarios privados que operan el servicio troncal (64,5%) o de alimentación (hasta 20%). El agente recaudador, que es una compañía privada responsable de administrar el sistema de recaudo, recoger el dinero de los usuarios y depositarlo en un fondo fiduciario, recibe hasta el 11% de los ingresos por tarifa técnica. TRANSMILENIO S.A., la empresa pública que administra y controla el sistema, recibe 4%. Finalmente, un Administrador Fiduciario, responsable de administrar la tesorería y distribuir los ingresos entre los distintos agentes, recibe hasta 0,5%.

Existe un mecanismo contractual para ajustar la Tarifa Técnica de manera mensual de acuerdo con la variación de los costos de los insumos y la productividad del sistema medida a través del índice de pasajeros por kilómetro. La proporción de la tarifa técnica que corresponde a los operadores troncales se distribuye entre los concesionarios (4 en la fase inicial del sistema) de acuerdo con los kilómetros programados y servidos por cada uno de ellos. La parte de la tarifa técnica que corresponde a los operadores de alimentación (7 contratos en la fase inicial del sistema) se reparte de acuerdo con el número de pasajeros transportados por los alimentadores desde y hacia el sistema trocal y la tarifa ofertada en concurso público por cada operador.

Los diseñadores del sistema deben ser conscientes de la magnitud de los componentes de los costos de operación para determinar las tarifas en forma apropiada. De otra forma, los operadores privados carecen de incentivo para participar. Los costos de operación se pueden dividir en componentes fijos y variables. La parte fija incluye el costo de capital y la depreciación del material rodante (buses). Adicionalmente, hay costos fijos asociados directamente con la operación del sistema, como el salario de los conductores, mecánicos y personal de administración. Los costos variables incluyen el consumo de combustible, llantas, lubricantes y elementos de manteni-

Tabla 4: Componentes de costo operacional para un TMRB
TRANSMILENIO S.A., Bogotá, Colombia, Junio 2002

Ítem	Unidad de medida	Consumo por vehículo
Repago de capital		
Depreciación del vehículo	% del valor del vehículo/año	10,0%
Costo de capital	Tasa de interés efectiva anual sobre capital invertido	15,0%
Costos fijos de operación		
Salarios de conductores	Empleado/vehículo	1,62
Salarios de mecánicos	Empleado/vehículo	0,38
Salarios de supervisores y personal administrativo	Empleado/vehículo	0,32
Otros gastos administrativos	% de costos variables + mantenimiento + personal	4,0%
Seguros de vehículos	% del valor del vehículo/año	1,8%
Costos variables de operación		
Combustible	Galones de diesel / 100 Km M³ de gas natural /100 Km	18,6 74,0
Llantas • Nuevas • Reencauchadas	 Unidades / 100.000 Km Unidades / 100.000 Km	 10,0 27,6
Lubricantes • Motor • Transmisión • Diferencial • Engrase	 Cuartos de galón / 10.000 Km Cuartos de galón / 10.000 Km Cuartos de galón / 10.000 Km Kilogramos / 10.000 Km	 78,9 4,5 5,8 3,0
Mantenimiento	% del valor del vehículo / año	6,0%

miento. La Tabla 4 resume los componentes operativos y valores indicativos para el sistema TransMilenio de Bogotá (los valores pueden cambiar de acuerdo con condiciones locales).

Los valores de la Tabla 4 se usan para calcular un costo general de operación por kilómetro para los operadores del sistema. Este valor es la base de la remuneración de los concesionarios de operación.

Cuando se comparan los costos de operación entre modos de transporte público (e.g., TMRB con tren ligero), se debe tener la seguridad que se están comparando elementos similares. Los sistemas TMRB normalmente incorporan la adquisición de vehículos dentro del cálculo de costos de operación, mientras los sistemas ferroviarios incluyen el material rodante dentro de los costos de capital. Más aún, dada la estructura de costos de los sistemas ferroviarios, algunos tipos de mantenimiento y partes para reemplazo, son a veces capitalizados. Para hacer una comparación correcta, se requieren ajustes para asegurar que los costos de capital y de operación están clasificados en forma adecuada.

"La principal diferencia entre TMRB y servicios convencionales de buses es talvez la concentración en el servicio al usuario de los TMRB"

Los sistemas ferroviarios tienen una ventaja aparente en mano de obra operacional, específicamente en el costo del conductor. Cada bus requiere un conductor mientras varios coches de tren sólo requieren una persona. Sin embargo, en países en desarrollo los menores salarios significan que esta ventaja es superada ampliamente por otros componentes de costo.

2.3 Fase III de Planeación: Comunicaciones, Servicio al Usuario y Mercadeo

Tal vez la diferencia más importante entre TMRB y servicios de buses convencionales es el enfoque de los TMRB en la excelencia en el servicio al usuario. Los sistemas se diseñan para las necesidades de los pasajeros; otros detalles como la tecnología y la estructura son consecuencia de la simple orientación al usuario. Como se ha indicado en secciones previas, los sistemas de buses convencionales están perdiendo participación modal porque las quejas de los pasajeros sobre conveniencia, seguridad y confort no son atendidas. Esta etapa de planeamiento discute métodos para involucrar al público en el proceso de diseño y definir variables clave para ofrecer un servicio de excelencia al pasajero. La siguiente es una lista de eventuales contenidos de esta etapa de planeación:

1. **Procesos de participación pública**
2. **Comunicaciones y acercamiento con operadores existentes**
3. **Plan de educación pública**
   - Elementos básicos del sistema
   - Cómo usar el sistema
   - Implantación del sistema
4. **Plan de servicio al usuario**
   - Profesionalización y capacitación en trato al usuario por conductores y recaudadores
   - Señalización
   - Mapas del sistema
   - Plan de limpieza para buses, estaciones y terminales
   - Uniformes de trabajadores del sistema
5. **Plan de seguridad**
   - Buses
   - Estaciones y terminales
6. **Plan de mercadeo**
   - Identificación de la base de usuarios
   - Nombre del sistema
   - Logotipo
   - Posicionamiento de la marca
   - Estrategia de publicidad
   - Campañas de publicidad en medios

Procesos de participación pública

La mayor y más frecuente barrera para la implantación de un sistema TMRB no es de naturaleza técnica ni financiera. La falta de comunicación y de participación de actores clave es, en muchos casos, lo que imposibilita el avance del proyecto. Dicha comunicación no sólo es importante para conseguir aprobación pública del proyecto sino también para obtener ideas para diseño. Sugerencias del público en corredores troncales y servicios de alimentación pueden resultar invaluables, al fin y al cabo, serán los

usuarios del sistema TMRB. La incorporación de ideas del público en los elementos de diseño y elementos de servicio al usuario también ayuda a obtener mayor aceptación y mejor utilización por el público.

Los planificadores e ingenieros profesionales obviamente juegan un rol importante en el diseño del sistema, pero en muchos casos esos "profesionales" no son usuarios frecuentes de transporte público, y por tanto no tienen la misma percepción sobre las necesidades del servicio que los pasajeros habituales. Algunas ciudades ordenan que los administradores usen el transporte público todos los días, para que tengan un mejor entendimiento de la realidad del servicio.

La realización de procesos de participación pública es un reto para las agencias y departamentos poco acostumbrados a facilitar la participación ciudadana. Algunas organizaciones no gubernamentales tienen, en algunos casos, mayor capacidad para administrar este tipo de procesos. Otra posibilidad son firmas de consultoría. El manejo del proceso de participación por terceros puede ser también útil para conseguir puntos de vista independientes y objetivos de los elementos de diseño. En algunos casos, los miembros de la comunidad se sienten más cómodos al expresar sus opiniones a organizaciones independientes que exclusivamente a administradores públicos.

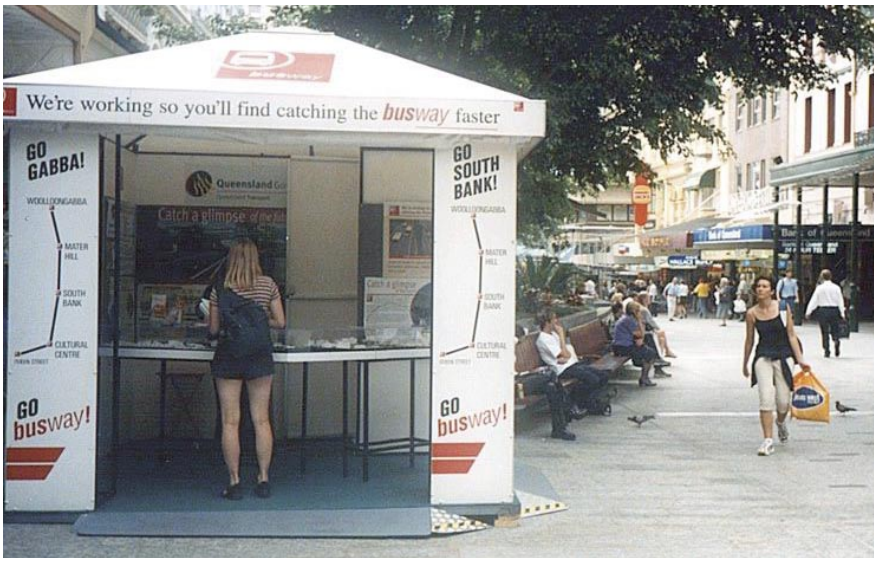
Comunicaciones y acercamiento con operadores existentes

Como afirmó Maquiavelo en el siglo XVI: el cambio nunca es fácil y tendrá resistencia sin importar los beneficios buscados. El TMRB puede aumentar las ganancias y las condiciones de trabajo para los operadores y conductores existentes. Pero, en muchos países, este sector no está acostumbrado a la intervención y supervisión del gobierno, y los operadores tienen poca credibilidad en las agencias públicas. En ciudades como Belo Horizonte, Brasil, y Quito, Ecuador, las propuestas de formalización del sector transporte han generado protestas, violencia y desorden público.

> ***"Tomar la iniciativa de hacer las cosas de una nueva manera… es muy difícil y peligroso, y se tiene poca probabilidad de éxito. La razón es que aquellos que se benefician del viejo orden se opondrán al innovador, mientras aquellos que pueden llegar a beneficiarse del nuevo orden son, como máximo, tibios partidarios"***
> Nicolo Machiavelli

En condiciones ideales, los operadores existentes pueden llegar a ver el TMRB como una oportunidad de negocios favorable y no como una amenaza para su futuro. Sin embargo, la forma como este sector clave entiende el concepto, depende principalmente de las circunstancias locales y de la manera como se les presente el TMRB. La administración local debería pensar una estrategia de aproximación que permita una relación abierta y basada en la confianza con los operadores existentes.

Fig. 9
Centros de información en Brisbane y Ottawa
K. Fjellstrom ▼ L. Wright ▶▶



Plan de educación pública

El TMRB incorpora una variedad de innovaciones en el servicio a los usuarios que mejorará en forma importante la experiencia de viaje para los pasajeros. Para preparar al público para el TMRB, se requiere una campaña de educación de usuarios. Este plan es, en parte, diseñado para asegurar apoyo y aprobación públicos para el TMRB, pero también para preparar a las personas para que conozcan el sistema antes de usarlo.

Por ello, el proceso de educación de usuarios comienza mucho antes el sistema inicie sus operaciones. La Figura 9 muestra ejemplos de kioscos de información usados de forma efectiva para acercarse a pasajeros potenciales. El sistema TransitWay de Ottawa mantiene una oficina permanente de atención al usuario, localizada en un centro comercial muy visitado en el centro de la ciudad. Guías informativos como los usados en Honolulu y Bogotá (Figura 10) ofrecen atención personalizada, y son muy efectivos para generar confianza en los usuarios. En cada caso, los encargados del desarrollo de los sistemas fueron mucho más allá de pensar que "si se construye la gente llegará".

Plan de servicio al usuario

A diferencia de muchos servicios de bus existentes en ciudades en desarrollo, los TMRB ponen a los usuarios en el centro de los principios de diseño. La calidad del servicio al usuario está directamente relacionada con la satisfacción de los pasajeros, quienes son los que determinan el nivel de demanda y la sostenibilidad financiera de largo plazo.

Con demasiada frecuencia, los usuarios de transporte público están obligados a recibir buses sucios, y recorridos incómodos como precio a sus necesidades de viaje, sin contar con inexistencia de información sobre rutas y frecuencia de servicio. Los servicios de transporte público y los operadores informales no ofrecen atención adecuada al usuario; suponen que los pasajeros son mayoritariamente cautivos. Esta actitud, sin embargo, lleva a una espiral negativa, en la que los malos servicios ahuyentan a los pasajeros hacia alternativas motorizadas de dos y cuatro ruedas. Por su parte, la caída de demanda resultante genera disminución de los ingresos, que a su vez resulta en menor calidad de servicio y por tanto en un número de pasajeros cada vez más pequeño.

Fig. 10
Guías cívicos en Bogotá y Honolulu
Fotografías cortesía de Fundación Ciudad Humana (Bogotá) y el Departamento de Servicios de Transporte de Honolulu

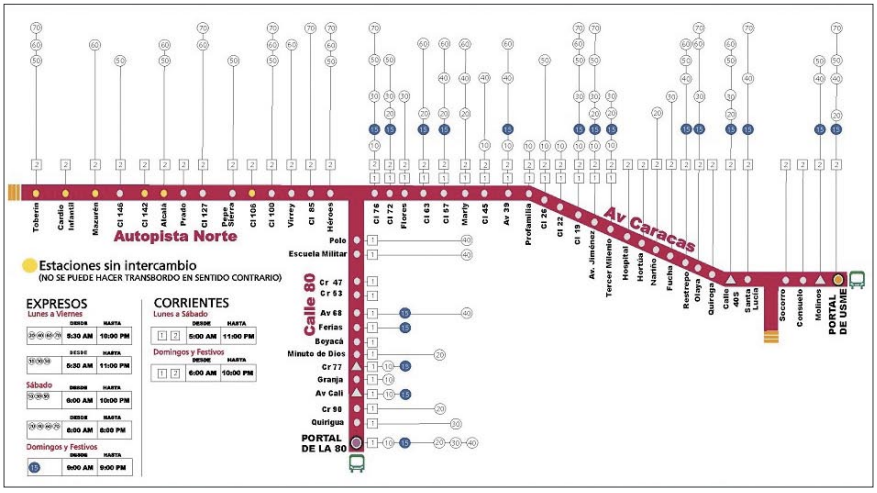


Fig. 11
Mapa del Sistema TransMilenio
Foto cortesía de TRANSMILENIO S.A., Alcaldía de Bogotá, Colombia

Fig. 12
Teléfonos de llamada de emergencia en Ottawa, Canadá
Lloyd Wright

El servicio al usuario es fundamental en cada etapa de la operación. ¿Están bien presentados, son amables y profesionales los conductores? ¿Están limpios, bien mantenidos y son seguros los buses y las estaciones? ¿Es el viaje de hora pico placentero o una experiencia traumática? A los usuarios probablemente no les preocupa que la tecnología de propulsión de los motores de los buses; a los usuarios les interesan la comodidad, conveniencia y seguridad del viaje que realizan.

Muchos de los sistemas informales en el mundo en desarrollo no tienen itinerarios fijos, lo cual hace que los usuarios tengan grandes dificultades para entender y utilizar los servicios. Muchos de esos sistemas son totalmente incomprensibles para usuarios potenciales, aquellos con necesidades de transporte ocasionales, y los visitantes temporales de la ciudad. Los sistemas TMRB en ciudades como Quito y Bogotá emulan a los mejores sistemas de trenes subterráneos del mundo, al contar con mapas claros en las estaciones y en los buses (Figura 11). Una buena prueba si el sistema es amigable o no, es ver si una persona que no habla la lengua local puede entender el sistema después de dos minutos de mirar un mapa y un panel de información. Es posible alcanzar ese nivel de simplicidad para dar la información a los usuarios, pero, desafortunadamente, la mayoría de sistemas de buses ni siquiera hacen el intento. Esquemas con claves de colores se utilizan en algunos sistemas para ayudar a los usuarios a diferenciar los diversos servicios y múltiples rutas.

Adicionalmente, se pueden incorporar paneles de información en tiempo real que informen a los pasajeros cuando llega el próximo bus y a que ruta corresponde. Estos paneles son muy efectivos en reducir la "ansiedad de la espera", que resulta de no tener certeza del momento de llegada del próximo vehículo. Este tipo de elementos permiten que los usuarios realicen otras actividades, haciendo mejor uso de su tiempo, en vez de esperar nerviosamente y con la mente en la luna.

La presencia de guías en las estaciones también ayuda a los usuarios a sobrellevar las incertidumbres del viaje. Los guías con uniformes bien diseñados, mejoran la percepción del público de la calidad y profesionalismo del sistema. Las prácticas de limpieza y mantenimiento permanente para que los buses y estaciones estén limpios y en buen estado, refuerzan la confianza de los usuarios en el sistema. La limpieza también es un factor determinante para disuadir daños de vándalos, crimen y graffiti. En forma individual, cada uno de estos elementos pueden parecer insignificante, pero su efecto combinado mejora los niveles de satisfacción de los usuarios y la penetración del sistema en el mercado de transporte.

Estos elementos de diseño y servicio incrementan considerablemente la efectividad del sistema y la

Fig. 13
La creación de identidad de marca en el público

satisfacción de los usuarios, tienen costos relativamente bajos de implantación y son, en general, de baja tecnología. Otra lección de los TMRB es que las soluciones simples, ingeniosas, de baja tecnología, son, casi siempre, de mucho mayor impacto que las alternativas complejas y costosas.

Plan de seguridad

Como cualquier lugar público con gran cantidad de personas, los buses pueden atraer elementos indeseables. El espacio reducido y las condiciones de alta ocupación generan el ambiente ideal para carteristas y para otros asaltos a las personas y a la propiedad. El miedo a ser objeto de asaltos o crimen es uno de los mayores factores que motivan el cambio hacia modos privados, especialmente para las mujeres, las personas mayores y otros grupos vulnerables.

Sin embargo, es posible superar el crimen y la inseguridad con el uso estratégico de policías y tecnologías de información. Al ubicar personal de seguridad uniformado en estaciones y en los buses se puede reducir enormemente la actividad criminal y aumentar la confianza de los pasajeros. Las cámaras de seguridad y teléfonos de emergencia (Figura 12) permiten respuestas más rápidas de las autoridades a amenazas potenciales y disuaden el crimen.

Plan de Mercadeo

El Transporte Masivo Rápido en Buses no es tan solo otro servicio de bus. No obstante, comunicar esto efectivamente al público no es fácil. La imagen negativa de los servicios de bus tradicionales es una barrera formidable para el posicionamiento del concepto de TMRB. Una campaña adecuada de mercadeo puede ayudar a dar una imagen correcta al público sobre el TMRB.

Un plan de mercadeo efectivo comienza por la identificación y segmentación de usuarios potenciales. El uso de grupos de enfoque es una técnica estándar de investigación de mercados para obtener información relevante sobre las impresiones de los usuarios. Al entender las necesidades y limitaciones de cada segmento de mercado, se pueden plantear y emplear estrategias específicas para cada grupo.

El nombre y el logotipo del sistema son la clave para crear la sensación de contar con un nuevo tipo de servicio de transporte público. La creación de una identidad de marca ayuda a generar la imagen correcta en la mente del público. Las ciudades que han implantado exitosamente TMRB han desarrollado identidades de marca para posicionar sus proyectos y despertar la imaginación colectiva (Figura 13).

Las agencias de transporte público deben usar múltiples medios para hacer llegar su mensaje. La campaña promocional puede ser comunicada en vallas, avisos, afiches impresos, radio, televisión, y eventos especiales. En muchos casos, las organizaciones que administran los medios masivos de comunicación pueden donar el costo de la pauta publicitaria a través de la figura de anuncios de interés o servicio público.

2.4 Fase IV de Planeación: Ingeniería y Diseño

La localización y el diseño de los corredores de TMRB deben ser consecuencia del trabajo previo sobre origen y destino de viajes (estudios O/D), así como de las contribuciones de actores clave, en especial los usuarios. El diseño definitivo de las vías exclusivas, estaciones y terminales debe ser adecuado para el volumen esperado de pasajeros y permitir expansiones futuras. La lista de parámetros es larga: localización de corredores, opciones de servicio, ingeniería vial, y diseño de estaciones y terminales. Por ello, hay muchas decisiones cualitativas por realizar, las cuales tienen efectos en la forma y efectividad del sistema en su conjunto en el largo plazo. La siguiente es una lista tentativa de los contenidos de esta fase de planeación:

1. Localización de corredores

- Elementos del estudio O/D
- Centros de gran concentración de destinos (sitios de trabajo, instituciones educativas, centros comerciales, etc.)
- Plan para todo el sistema y construcción por fases

2. Opciones de rutas

- Opción tronco-alimentada
- Opción en convoy
- Servicios expresos

3. Ingeniería de vías

- Rehabilitación de calzadas y modificación de geometría vial
- Diseño de carriles exclusivos para buses

4. Diseño de estaciones y terminales

- Localización de estaciones y terminales
- Diseño arquitectónico

5. Diseño de garajes

- Localización de estacionamientos
- Áreas de mantenimiento
- Oficinas de administración
- Áreas de lavado y suministro de combustibles

6. Diseño y plan de paisajismo

Localización de corredores

La selección de los corredores no sólo tiene impacto en que una proporción importante de la población use el sistema TMRB; también tiene profundos impactos en el desarrollo futuro de la ciudad. El punto de partida para decisiones de corredores es el estudio de origen y destino, el cual ayuda a identificar los patrones de viaje cotidianos (principalmente al trabajo) en términos espaciales y temporales. Claramente, la consideración esencial es minimizar las distancias y tiempos de viaje para un número muy grande de habitantes de la ciudad. Este objetivo es usualmente resultado de ubicar el corredor en cercanías de grandes generadores y puntos de atracción de viajes, como zonas de concentración laboral, grandes instituciones educativas, y centros y zonas comerciales.

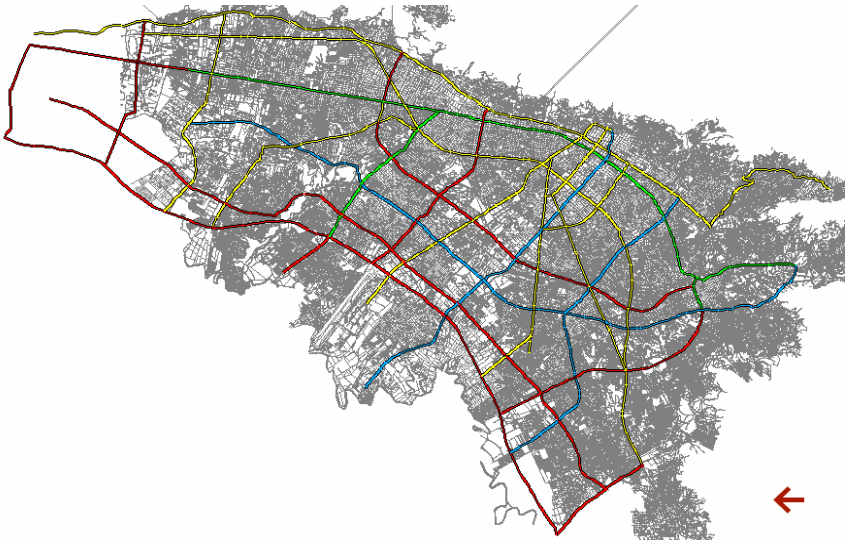
Otro criterio determinante es la facilidad de acceso para grupos especiales, en particular población de bajos ingresos. Algunos sistemas prefieren desarrollar líneas iniciales en áreas de ingresos bajos para demostrar que el TMRB es un imán de desarrollo ordenado.

Los TMRB pueden tener impactos de largo plazo en el uso del suelo y la forma de la ciudad. Las vías exclusivas para buses pueden jugar un papel catalizador del desarrollo económico sostenible. Por ejemplo, las estaciones TMRB de Curitiba, Brasil, son nodos de desarrollo, que actúan para atraer actividad comercial y residencial. De hecho, los corredores de transporte masivo y los nodos de desarrollo son mutuamente benéficos. La ubicación estratégica de estaciones de TMRB mejora el acceso de personas a áreas comerciales, de generación de empleo y de oferta de servicios, al tiempo que centros de alta densidad aseguran suficientes pasajeros para tener operaciones de buses eficientes. Curitiba también ha coordinado el desarrollo de nuevas áreas residenciales alrededor de los corredores de buses. El resultado final es que la administración local puede ofrecer infraestructura de servicios públicos domiciliarios, como recolección de basura, agua potable, alcantarillado y electricidad, con ahorros de costos significativos para las áreas de desarrollo concentradas y coordinadas. Dado que los usos de suelo mixtos y la planeación para alta densidad no siempre garantizan un ambiente urbano sostenible, como se observa en muchas ciudades asiáticas, los esfuerzos de planeación integrada entre el uso del suelo y el transporte pueden beneficiar a administradores públicos, a desarrolladores comerciales y a residentes.

"Los planes de corredores evolucionan con el tiempo, pero vale la pena formular un plan de corredores para toda la ciudad que estimule el apoyo político y de la comunidad"

Los sistemas de TMRB comúnmente se desarrollan como proyectos por fases. A las administraciones locales se les recomienda obtener experiencia con las primeras etapas demostrativas antes de comprometerse con una red total. Realizar el sistema por fases es también consistente con la realidad financiera; es improbable obtener apoyo para el sistema para toda la ciudad, desde el primer momento. Sin embargo, así la construcción no incluya la ciudad entera, la planeación de los corredores

Fig. 14
Visión de Bogotá para un sistema de TMRB para toda la ciudad que incluye 388 Km de vías exclusivas para buses



iniciales debe incorporar la visión del sistema expandido, que va mucho más allá del primer ciclo de implantación. Muy temprano en el desarrollo del proceso del sistema TransMilenio de Bogotá, el Alcalde Enrique Peñalosa anunció la visión de un sistema que un día "pondría al 85% de los siete millones de habitantes de Bogotá a menos de 500 metros de cada troncal (corredor del TMRB)" (Figura 14). Este tipo de visión pone un precedente político importante para la forma definitiva del sistema. Los planes de cada corredor con seguridad evolucionarán con la experiencia obtenida, tal como la forma de la ciudad cambia; pero es conveniente crear un plan de corredores para toda la ciudad que estimule el apoyo político y del público.

Opciones de rutas

La relación entre corredores troncales y líneas de alimentación para comunidades más pequeñas tiene impactos sobre los itinerarios del sistema. Los factores para determinar en la estructura de rutas, además de los deseos de viajes de los usuarios, son las capacidades de atención en estaciones, la capacidad vial, las especificaciones de los buses, la frecuencia del servicio y los costos de prestación del servicio. En el momento, existen dos configuraciones básicas para dar servicio a un corredor troncal y áreas de alimentación (Figura 15):

1. Tronco-alimentado
2. Convoy

En el sistema tronco-alimentado, buses de gran tamaño dan servicio al corredor principal. Al final de estos corredores se construyen estaciones de integración terminales para realizar transferencias directas a buses alimentadores más pequeños que continúan su servicio a los barrios. La principal ventaja de esta configuración es que permite un mejor balance entre el tamaño del bus y la capacidad requerida en cada tramo de recorrido. La principal desventaja es que los usuarios deben realizar transferencias, y su tiempo de viaje se alarga contra la opción de usar un solo bus. La mayor parte de las ciudades utilizan variaciones de la configuración tronco-alimentada; estas ciudades incluyen Bogotá, Curitiba, Goiania y Quito.

En forma alternativa, la configuración en convoy no necesita que los usuarios realicen transferencias en estaciones terminales. En cambio, un convoy de buses con distintos destinos finales comparte el corredor troncal. En cierto punto, cada uno de los buses deja el corredor principal y continúa por itinerarios individuales, que pueden o no contar con vías segregadas. La ventaja de la configuración en Convoy es que proporciona concentración de servicio en los tramos de alta demanda del corredor troncal, al tiempo que permite que los buses transiten por las vías de los barrios sin necesidad de transferencia de los pasajeros. La principal desventaja de esta configuración es que puede conducir a sobreoferta de capacidad en los tramos de alimentación, especialmente si se utilizan buses grandes. Porto Alegre, Brasil utiliza configuración de Convoy y ha sido exitosa, en términos generales.

No hay respuesta correcta o incorrecta para la definición de opciones de itinerario; ésta depende muchísimo de las condiciones locales, como los cambios en densidad de población a lo largo de la ciudad. Si los corredores troncales terminan en áreas de menor densidad, la configuración tronco-alimentada dará los mejores resultados. Si la densidad de población, y los consiguientes cambios espaciales en la demanda de viajes entre la línea principal y las áreas de alimentación son menos variables, entonces la configuración de Convoy puede ser más apropiada.

También son posibles otras variaciones de ruta. Algunas ciudades como Bogotá y Sao Paulo ofrecen "servicios expresos" en sus corredores troncales. Estos servicios permiten que ciertos buses sólo se detengan en estaciones designadas, sin parar en estaciones intermedias, para dar servicios más rápidos para zonas de alta demanda. La principal ventaja de los servicios expresos es la gran reducción en los tiempos

Fig. 15
Dos opciones para estructurar rutas de TMRB

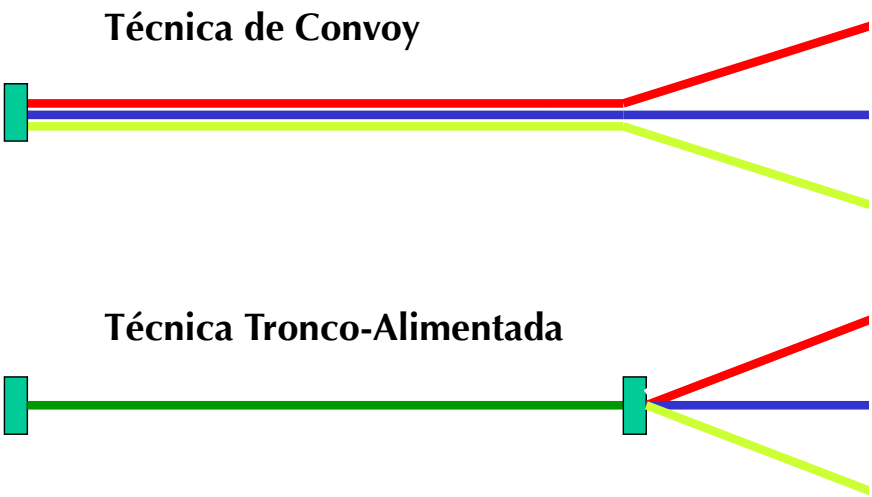


Fig. 16
No pavimentar el centro de la calzada exclusiva del TMRB puede generar ahorros sustanciales de costo y reducción de ruido.

Fotos cortesía de la agencia de transporte público de Lane District (Eugene, EEUU) y el Programa Cooperativo de Investigación en Transporte Público de los EEUU (Leeds, Reino Unido)

de viaje para los pasajeros, especialmente los de larga distancia. La principal desventaja es que esto añade otro nivel de complejidad en el diseño y la operación del sistema. Más aún, debe existir suficiente derecho de vía para un carril adicional en cada sentido o, por lo menos, un carril de sobrepaso en las estaciones.

Ingeniería de vías

Cómo se observa en las cifras de costo de inversión del sistema TransMilenio de Bogotá, la construcción de vías y el trabajo de ingeniería representa cerca del 50% del costo total del sistema. Por ello, ahorros en esta categoría afectarán significativamente los requerimientos financieros para la construcción. El diseño de la vía tiene gran interacción con los parámetros geográficos de las vías y los patrones de uso existentes. La existencia de derechos de vía es importante, dados los requerimientos espaciales de los carriles exclusivos y de las estaciones.

Los materiales de construcción y las técnicas constructivas pueden afectar la geometría y aspecto inicial y los costos de mantenimiento de largo plazo. En general, se prefiere concreto sobre el asfalto por su mayor durabilidad, especialmente cuando los carriles son usados por buses pesados. Adicionalmente, dado que en algunos sistemas los carriles exclusivos de buses no requieren cambios de carril, algunos diseñadores han elegido no pavimentar la parte central de la calzada (Figura 16). Los ahorros constructivos resultantes pueden ser sustanciales. Aun más, la existencia de grava o pasto debajo del motor de los buses pueden ayudar a absorber el ruido de la máquina. Con esta técnica se reportan reducciones de ruido de hasta 40%.

También pueden usarse emulsiones coloreadas de concreto o asfalto, con varias ventajas (Figura 17). Primero, una vía de buses adecuadamente coloreada mejora la imagen e incrementa el sentido de pertenencia del público hacia el sistema. Segundo, las calzadas coloreadas crean una ventaja sicológica sobre los conductores de vehículos que potencialmente pueden bloquear la vía exclusiva cuando la calzada cruza vías de tráfico mixto. Los conductores pueden reconocer más fácilmente que están cometiendo una infracción de tráfico al bloquear un carril exclusivo altamente visible, que en el caso de una calzada que no se distingue de los carriles de tráfico mixto.

Fig. 17
Calzadas coloreadas aumentan el perfil de los carriles exclusivos, como se ve en Rouen, Francia y Nagoya, Japón.

Fotos cortesía del Programa Cooperativo de Investigación en Transporte Público de los EEUU

Vías exclusivas, carriles de buses y separación vertical

La separación física del espacio de circulación de los buses del resto del tráfico es la mayor diferencia entre los conceptos de "vía exclusiva" y "carril de buses". Los carriles de buses comúnmente sólo se separan del resto del tráfico por demarcación horizontal al tiempo que las vías exclusivas tienen una separación física por bordillos de cemento o bolardos. Los carriles de buses fracasan por falta de control policial para evitar que el tráfico general los invada, limitando las posibilidades de los buses de circular libremente sin obstáculos. Sin embargo, tanto las vías exclusivas como los carriles de buses pueden permitir el acceso de cierto tipo de vehículos. De hecho, las ambulancias y los vehículos de policía pueden también beneficiarse en forma importante de la existencia de estos carriles.

Además, hay una distinción adicional entre vías exclusivas "a nivel" y "a distinto nivel". Las vías exclusivas a nivel deben cruzar intersecciones con semáforo, lo que puede reducir mucho la capacidad potencial del sistema. Las vías exclusivas a distinto nivel evitan esos conflictos al ser construidas de manera que quedan completamente separadas de todo conflicto con el resto del tráfico. Pasos elevados o subterráneos y túneles, son algunas de las opciones para crear separación vertical del flujo. De hecho, el uso de túneles en ciudades como Seattle y Boston ha hecho que los términos "metro de superficie" y TMRB dejen de ser sinónimos (Figura 18). La "Línea de Plata" de Boston es esencialmente un sistema subterráneo que usa buses en vez de tecnología ferroviaria. Claramente, este diseño pierde las ventajas de costo que el TMRB de superficie tiene sobre sistemas ferroviarios y muestra que la diferencia entre buses y rieles es cada vez menos clara. En ciudades como Quito, Ecuador, el sistema TMRB "Trole" usa pasos subterráneos en las intersecciones más congestionadas. Dados los ahorros en tiempo y reducción de congestión en estas intersecciones, el periodo de repago de este tipo de sistemas se reduce sustancialmente.

Fig. 18

Los sistemas TMRB pueden también ser subterráneos como se observa en ciudades como Seattle y Boston

Fotos cortesía del Programa Cooperativo de Investigación en Transporte Público de los EEUU

Algunos diseñadores asumen erróneamente que sólo las grandes vías arterias pueden usarse para vías exclusivas. De hecho, hay un rango muy amplio de opciones. Las arterias principales típicamente generan economías de escala en términos de flujos de pasajeros, dado que los mayores centros generadores de viajes están a lo largo de su recorrido. Pero, hay muchos casos en los cuales las condiciones de tráfico existentes no permiten que las calzadas sean convertidas en vías exclusivas para buses. De otra parte, las arterias pueden ofrecer condiciones inseguras para que los peatones lleguen a las estaciones del TMRB. En esos casos, puede pensarse en vías secundarias que recorran en forma paralela a o cercana a la arteria principal. Estas vías secundarias muchas veces tienen la ventaja que cuentan con flujos de tráfico menores y más calmados, lo cual puede facilitar su conversión a vía exclusiva. En algunos casos, la vía secundaria puede ser completamente convertida para uso exclusivo del TMRB, prohibiendo el uso por vehículos privados. La factibilidad de esta alternativa depende de los usos permitidos en el área.

La localización de la vía exclusiva o los carriles de buses es otra decisión de diseño que tiene más opciones de lo que aparentemente se piensa. La

Fig. 19
Carriles exclusivos localizados en el separador central
Foto cortesía de TRANSMILENIO S.A., Alcaldía de Bogotá, Colombia

Fig. 20
Carriles exclusivos de contra flujo en Quito, Ecuador
Lloyd Wright

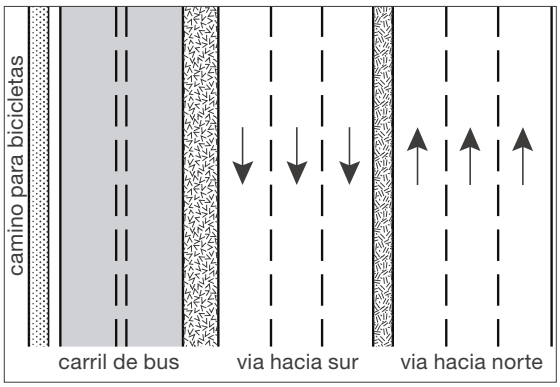


Fig. 21
Los dos carriles exclusivos están en un solo lado de la vía en Miami, EEUU
US Federal Transit Administration

opción más común es localizar los carriles en el separador central o en los carriles centrales (Figura 19). Esta configuración reduce los conflictos de giro a la derecha (en países con circulación del lado derecho de las vías), y también permite más opciones de integración entre servicios con líneas que cruzan perpendicularmente.

Al tiempo con la configuración en carriles centrales, se puede adoptar opciones de circulación de los buses en el "sentido del flujo" y en "contra flujo". En el sentido del flujo significa que los buses circulan en la misma dirección que el tráfico general en los carriles mixtos. Contra flujo significa que los buses viajan en dirección opuesta al tráfico mixto (Figura 20). Contra flujo se usa algunas veces cuando las puertas de los buses existentes requieren que el bus circule en determinado lado. Obviamente, es preferible adoptar el bus al mejor diseño de vía exclusiva, pero esto no siempre es posible. Un tema crítico es que la configuración en contra flujo puede poner en peligro a los peatones, quienes no están acostumbrados a mirar en la dirección de contra flujo antes de cruzar la calzada.

Más allá de la configuración de calzadas centrales, existen varias alternativas que en muchos casos no reciben atención. En Miami, los dos carriles exclusivos operan completamente en un lado de la vía, y el tráfico mixto tiene varios carriles (en ambas direcciones) en el otro lado (Figura 21). Esta configuración funciona bien cuando un lado de la vía carece de giros, como en el caso que la avenida va al lado de un cuerpo de agua o un parque. En Orlando, EEUU, se usa un concepto similar con una vía de muchos menos carriles (Figura 22).

Fig. 22
Carriles exclusivos en Orlando, EEUU
US Federal Transit Administration

"Además de la configuración en carriles centrales, existen varias opciones que no reciben suficiente atención"

En algunos casos es posible dar todo el derecho de vía al sistema TMRB. En Pittsburg, EEUU, las vías exclusivas de buses del Este (antes un corredor ferroviario) y del Oeste, operan en derecho de vía especial, que no tiene intersecciones con tráfico mixto, como ocurre también en el caso de la vía exclusiva de buses de Brisbane (Figura 23).

Una configuración excepcionalmente rara de TMRB es la de carriles laterales. Si bien esta ubicación es común en carriles para buses, las vías exclusivas no utilizan este diseño, principalmente porque genera muchos conflictos con el tráfico mixto que realiza giros a la derecha para entrada a predios y a calles transversales. Esta configuración también dificulta las transferencias entre líneas perpendiculares. Para lograrlo se requeriría un juego complejo de pasos peatonales a desnivel, elevados y subterráneos, para mantener el sistema cerrado.

"Es posible usar varias configuraciones en el mismo sistema"

Como otras decisiones de diseño asociadas con TMRB, no hay una solución única para la configuración vial. Esta depende mucho de las circunstancias particulares. Así mismo, es posible tener muchas configuraciones en un solo sistema. Curitiba, Brasil, usa carriles exclusivos centrales, carriles en un solo lado, y vías donde sólo funciona el TMRB (Figura 24). En todos los casos la única limitación es la ubicación de las puertas en el mismo lado, para dar la flexibilidad a los buses de operar en varios corredores. Sin embargo, hasta esta limitación ha sido superada en algunos casos; Porto Alegre tiene buses con puertas en los dos lados, generando la máxima flexibilidad en cuanto a configuración.

Diseño de estaciones y terminales

El diseño y la localización de las estaciones del TMRB afecta la capacidad de flujo del sistema y elementos clave de servicio al usuario como seguridad y conveniencia. La localización de estaciones depende principalmente de la demanda; se busca ubicar las entradas cerca de centros comerciales, estadios, grandes edificios de vivienda u oficinas, e instituciones educativas. La distancia óptima entre estaciones es el resultado de un balance entre la demanda de sitios clave y la penalización en tiempo que significa una parada adicional. Una distancia estándar entre estaciones está alrededor de 500 m, pero puede variar entre 300 y 1.000 metros dependiendo de las condiciones locales.

La facilidad de acceso a las estaciones tiene impactos en el tamaño de la demanda. El desarrollo de corredores peatonales y de bicicletas alrededor de las estaciones puede ayudar a

Fig. 23
Una vía exclusiva para buses en Brisbane, Australia, al transitar por debajo de un gran complejo hospitalario
Karl Fjellstrom

Fig. 24
Curitiba utiliza varios tipos de configuraciones de carriles exclusivos, dependiendo de la naturaleza y dimensiones del derecho de vía disponible
Kart Fjellstrom, Fevr. 2002

Fig. 25
Rampas retráctiles en Quito, Ecuador
Lloyd Wright

asegurar que los usuarios puedan llegar y salir de en forma conveniente y segura del sistema. Señales en la zona de influencia pueden también atraer pasajeros. La iluminación pública, anchos adecuados de andenes, y superficies niveladas de buena calidad, también facilitan la utilización del sistema por el público.

Las áreas de entrada, de venta de pasajes, los torniquetes y la estructura de la estación, deben diseñarse para manejar los picos de demanda de pasajeros. Las razones principales para esta determinación incluyen el número de plataformas de parada, las frecuencias en el periodo pico, y los tiempos de parada esperados de los buses. El espacio disponible para espera de los pasajeros debe ser suficiente para acomodar las personas sin generar incomodidad. Suficiente espacio de espera también ayuda a reducir la presencia de carteristas, y otros criminales. Sin embargo, el espacio esta limitado por el derecho de vía disponible para acomodar el área de la estación. Los anchos usuales están entre 3 y 5 metros. Se puede generar espacio para pasajeros en sitios angostos aumentando la longitud de la estación.

El diseño de estaciones también interactúa con las decisiones de tecnología de buses. La decisión sobre el número y ancho de puertas en cada bus deben reflejar los requerimientos de flujo de pasajeros y la disponibilidad de opciones de los fabricantes de buses.

La instalación de equipos para empatar la puerta del bus con la plataforma de la estación tiene impacto en el tiempo de parada de los buses. Sistemas de TMRB como el de Bogotá, redujeron los tiempos totales de parada a 20 segundos usando varios elementos para abordaje y descenso rápido de los pasajeros. Ciudades como Curitiba y Quito utilizan rampas retráctiles en las puertas de los buses para acelerar el paso de pasajeros desde y hacia las estaciones (Figura 25). El sistema TransMilenio de Bogotá optó por no tener estas rampas para ahorrar los segundos que consume la rampa en abrirse y cerrarse. En cambio, TransMilenio depende de la habilidad del conductor para realizar un alineamiento cercano entre el bus y la plataforma, y así facilitar el rápido acceso y salida de los pasajeros. Para mejorar la velocidad y calidad del alineamiento se pueden usar instrumentos avanzados de guiado óptico o mecánico. La clave para hacer una rápida entrada y salida de pasajeros es minimizar la distancia entre el piso del bus y la plataforma, lo cual también ayuda al acceso y salida de personas con discapacidad.

Bogotá también usa puertas deslizantes entre el bus y el área de la estación (Figura 26). Las puertas automáticas dan un nivel de seguridad adicional a los pasajeros mientras esperan, además de protegerlos del viento, la lluvia y el frío. Así mismo, las puertas deslizantes ayudan a prevenir que evasores del pasaje entren al sistema. La desventaja de estas puertas es que son susceptibles de fallas mecánicas y de energía eléctrica, y añaden costos de mantenimiento al sistema.

La protección del clima es importante en el diseño de estaciones. La imagen de la estación como un refugio del mundo exterior puede ayudar a atraer usuarios. En muchas ciudades en desarrollo, las altas temperaturas y la humedad son objeto de preocupación. Técnicas de protección pasiva de los rayos solares pueden proteger la estación del calor y a la vez estimular la circulación del aire. Se puede considerar la

Fig. 26
Puertas deslizantes automáticas protegen a los pasajeros a la llegada de los buses
Cortesía de TRANSMILENIO S.A., Alcaldía de Bogotá

incorporación de ventiladores o aire acondicionado, pero esto significa un costo adicional importante. Una buena opción es la adopción de diseños abiertos (Figura 27), especialmente en sitios calurosos, a pesar que estos incrementan las necesidades de protección contra la evasión del pago de pasajes.

Las consideraciones arquitectónicas son también importantes desde los puntos de vista estéticos, culturales y de servicio al usuario. Muchos sistemas optan por una apariencia altamente moderna, lo que también ayuda a posicionar el sistema como una nueva categoría de transporte público. Sin embargo, si el sistema atraviesa por sectores de gran valor histórico, los diseños deberían tener congruencia con el entorno arquitectónico.

Los terminales incorporan muchas de las mismas consideraciones de diseño de las estaciones. Dado el elevado número de pasajeros y opciones de transferencia, los terminales requieren mucho más espacio. Así mismo, se deben considerar los casos en que el sistema permita transbordos libres o se requiera pago adicional. Los transbordos libres implican paso directo desde los alimentadores a los buses troncales, sin pago. Si se requiere un pago de pasaje adicional, debe dotarse de espacio suficiente para la venta y verificación de los medios de pago.

Los diseñadores de los sistemas también enfrentan decisiones sobre el tipo de servicios conexos que se pueden ofrecer en las estaciones. Quito, Ecuador, por ejemplo, ofrece pantallas de video de entretenimiento. Otros sistemas ofrecen paneles informativos e incluso, acceso a Internet. Los terminales pueden también incluir baños y otros servicios a los usuarios, tales como kioscos de información (Figura 28). Algunos sistemas usan las estaciones y terminales de TMRB como sitios para promocionar o implantar otros programas de interés público, como sitios de reciclaje y de monitoreo de calidad del aire (Figura 29).

Es posible incluir establecimientos comerciales dentro de los terminales, pero ellos pueden crear otras complicaciones, incluyendo generación de basura e inseguridad. Comidas y bebidas deben mantenerse fuera del sistema, su presencia aumenta los costos de mantenimiento y genera envejecimiento prematuro de la infraestructura. Algunos sistemas eligen intencionalmente no dar servicios adicionales. Sus diseñadores sienten que su tarea más importante es mantener a los pasajeros circulando en el sistema, y que los servicios adicionales pueden convertirse en un obstáculo para el logro del objetivo fundamental del sistema de transporte.

Fig. 27
Diseño de estación abierta
Ilustración cortesía del Municipio de Pereira, Colombia

El uso de avisos publicitarios en las estaciones, con moderación, puede ser una fuente de ingresos, pero también puede acarrear complicaciones. Mucha publicidad distrae la atención sobre las señales informativas, generando eventual-

Fig. 28
Kiosco electrónico en una estación de TMRB en Taipe
Foto cortesía de Jason Chang

Fig. 29
Panel de información de monitoreo de calidad del aire en una estación de metro en Montreal, Canadá
Lloyd Wright

Fig. 30
Garaje y área de mantenimiento en Bogotá
Foto cortesía de TRANSMILENIO S.A., Alcaldía de Bogotá

mente confusión en los usuarios, espacialmente cuando los mapas y otros paneles informativos clave se vuelven difíciles de encontrar entre los avisos comerciales.

Diseño de garajes

Los patios y garajes se usan para varias propósitos, incluyendo estacionamiento de buses mientras no están en uso, suministro de combustible, mantenimiento de equipos, descanso y capacitación de conductores y mecánicos, y administración del sistema (Figura 30). La localización ideal del garaje es en el entorno inmediato del sistema, para facilitar la rápida introducción de buses adicionales para atender los requerimientos de demanda. Sin embargo, dado que los garajes consumen espacio considerable, su localización depende muchas veces de las posibilidades financieras de adquisición del área requerida.

El tipo de instalaciones para suministro de combustibles dependen de los tipos de combustible utilizados en el corto y mediano plazo. Bogotá, Colombia, ofrece instalaciones para diesel y gas natural (CNG), dado que los operadores son los que seleccionan el tipo de combustible, siempre y cuando cumplan con los estándares de emisiones. Las áreas de soporte deben contar con posibilidades para inspección y mantenimiento de los vehículos desde la parte inferior.

Diseño y plan de paisajismo

Los TMRB deben mejorar el valor estético de los espacios públicos de la ciudad, en vez de dañarlos. No deben ahorrarse esfuerzos para mantener las zonas verdes existentes. Si el separador central se usa para la ubicación de estaciones, el resto del paisaje puede dejarse casi intacto. Solo el área de la estación puede requerir cambios en el espacio público. El resto, puede ser mejorado con plantación técnica de árboles y plantas. El uso de plantas también es una opción para la separación entre el sistema TMRB y los carriles de tráfico mixto. Los árboles y las plantas también ofrecen protección y sombra en los corredores de acceso de peatones y ciclistas a las estaciones del TMRB.

2.5 Fase V de Planeación: Tecnología y Equipo

No es una coincidencia que las decisiones de tecnología y equipo se listen en este punto en el proceso de planeación del TMRB, después de las decisiones sobre rutas, servicio al usuario, y estructura de tarifas. La tecnología y el equipo debe ser la respuesta a las necesidades de los usuarios y no al contrario. Muchas veces, los administradores públicos deciden desde el comienzo del proceso cual es el fabricante principal de los buses, y por tanto obligan que el diseño del sistema se adapte a las condiciones del fabricante de buses por encima de las necesidades de los usuarios. Ciertamente, existe un grado de interdependencia entre los productos disponibles en el mercado y cómo se diseña el sistema, pero en forma ideal, el sistema debe ser diseñado para las necesidades de los pasajeros,

no para acomodar una relación especial con determinado proveedor. Más aún, al crear un proceso transparente y definir especificaciones que varios proveedores pueden cumplir, la administración local puede promover un ambiente competitivo, que, al final, reduce costos y mejora la calidad de los equipos.

A continuación se presenta una lista tentativa de temas en tecnología y equipos que típicamente son tenidas en cuenta en un plan para TMRB:

1. Sistemas de recolección y verificación de pagos (billetaje)

- Sistemas pre-pago o de pago a bordo
- Sistemas sin tiquetes, banda magnética, o tarjetas inteligentes sin contacto

2. Centro de control

- Sistemas con GPS
- Comunicaciones entre el centro de control y los conductores

3. Sistemas inteligentes de transporte

- Paneles electrónicos de información en tiempo real
- Cámaras de seguridad
- Sistemas de prioridad para intersecciones semaforizadas

4. Tecnología de buses

- Especificaciones y proceso de definición
- Selección de tecnología y combustible de propulsión
- Opciones biarticulado, articulado, convencional
- Sistemas de guiado

5. Diseño interior de buses

- Disposición interior de asientos y barandas
- Espacio para personas con discapacidad y bicicletas

6. Procesos de compra de equipos

Sistemas de recolección y verificación de pagos (billetaje)

El método de recolección y verificación de pagos tiene impactos significativos en los tiempos de flujo de pasajeros y la impresión general de los usuarios sobre el sistema. Más importante aún, los pasajes pagados antes de entrar en los buses reducen las grandes demoras que acompañan el pago a bordo. Una vez los flujos de pasajeros llegan a determinado nivel, las demoras de los sistemas de pago a bordo pueden significar un grave problema (Figura 31). En Goiania, Brasil, la agencia local de transporte público estima que el punto de quiebre llega cuando la capacidad del sistema es de 2.500 pasajeros/hora/sentido.

El prepago también trae otro beneficio. El transporte y manejo de dinero en efectivo aumenta probabilidades de ataque y robo. Aún más, el tener un sistema de recolección y verificación de pagos abierto y transparente, hay menos oportunidad que individuos en el sistema retengan para sí dineros producto del recaudo de pasajes.

Hay varias tecnologías y mecanismos para facilitar el prepago de los pasajes, incluyendo:

- Sistemas basados en monedas o tokens
- Tecnología de banda magnética
- Tecnología de tarjetas inteligentes con y sin contacto
- Sistemas de presentación de prueba de pago

Fig. 32
Quito usa un sistema simple operado con monedas
Lloyd Wright

Fig. 31
La recolección a bordo crea demoras y problemas en Goiania, Brasil
Lloyd Wright

Como en otros aspectos, no existe una solución para todas las situaciones. La selección del sistema de recaudo implica hacer balances entre los costos, simplicidad y carga administrativa. En Quito, Ecuador, un sistema simple, basado en monedas (Figura 32) satisface las necesidades de la ciudad. El sistema evita la necesidad de imprimir tiquetes de papel, y elimina las largas colas de personas que buscan adquirir tiquetes. En Quito, existe una ventanilla de atención pero sólo para dar cambio a aquellos que lo solicitan. Al salir del sistema, los pasajeros pasan por puertas de una sola dirección sin necesidad de realizar nueva verificación de su pasaje. Muchas veces, tecnologías simples también producen ahorros en términos de mantenimiento y operación, en tanto estas tecnologías tienden a ser robustas.

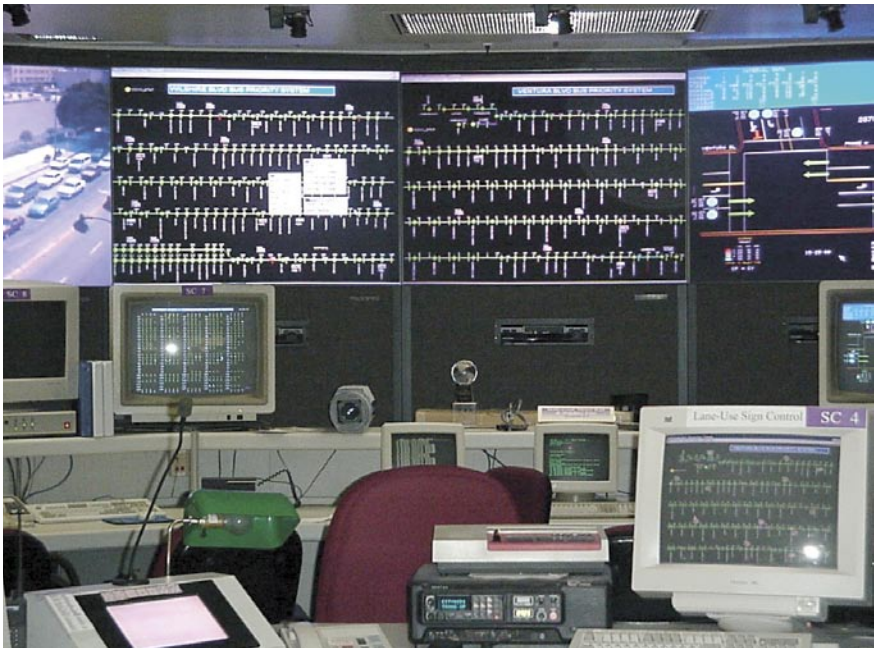
La tecnología de banda magnética también goza de una historia de aplicación en este campo relativamente larga y exitosa. Estos sistemas requieren la precompra de boletos magnéticos, los cuales se verifican en la entrada del sistema. Los costos de capital pueden ser importantes, tanto en la compra de máquinas expendedoras como de los lectores de la banda magnética en los accesos. Sin embargo la ventaja de la banda magnética es que es de costo relativamente bajo, con relación al valor del pasaje, US$ 0,02 – US$ 0,05 por boleto. Los boletos pueden ser programados para múltiples viajes y el cobro de tarifas basadas en distancia. Algunos operadores en sistemas que usan banda magnética pueden también permitir descuentos para individuos que adquieran múltiples viajes.

Fig. 33
Bogotá usa tecnología de tarjetas inteligentes para recaudo y verificación de pagos
Lloyd Wright

La tecnología de tarjetas inteligentes constituye el último avance en el campo de sistemas de recaudo. Las tarjetas inteligentes contienen un chip electrónico que puede guardar mucha información relacionada con la carga monetaria y el viaje, y permitir la generación de información de uso del sistema. Las tarjetas inteligentes también recogen gran cantidad de información de los movimientos de los usuarios que ayudan a la planeación del sistema y la distribución de ingresos entre los operadores. Los sistemas TMRB de Bogotá y Goiania emplean exitosamente tarjetas inteligentes sin contacto (Figura 33). Las tarjetas permiten una gama mayor de mecanismos de pago, como pasajes basados en distancia, tarifas de descuento, y pasajes para múltiples viajes. Tales tarjetas también permiten recoger estadísticas útiles para la administración del sistema.

Las principales desventajas de la tecnología de tarjetas inteligentes son costo y complejidad. Los sistemas requieren personal de venta y/o máquinas expendedoras. El sistema también requiere equipos de verificación a la salida, si se usan tarifas basadas en la distancia. En cada caso, existe el riesgo de filas largas, especialmente en los periodos pico. Además de los costos de equipos de carga y validación, cada tarjeta es relativamente cara. Los costos actuales están entre US$ 1,00 y US$ 2,00 por tarjeta. A diferencia de los tiquetes de banda magnética, las tarjetas inteligentes tienen una larga vida y pueden ser reutilizadas. Al tiempo que la tecnología de tarjetas inteligentes se hace más común, el costo indudablemente bajará. Esta tecnología espera extenderse a aplicaciones más allá del

Fig. 34
El centro de control del TMRB de Los Ángeles, EEUU, ayuda a evitar la acumulación de buses
Cortesía del Departamento de Transporte de Los Ángeles



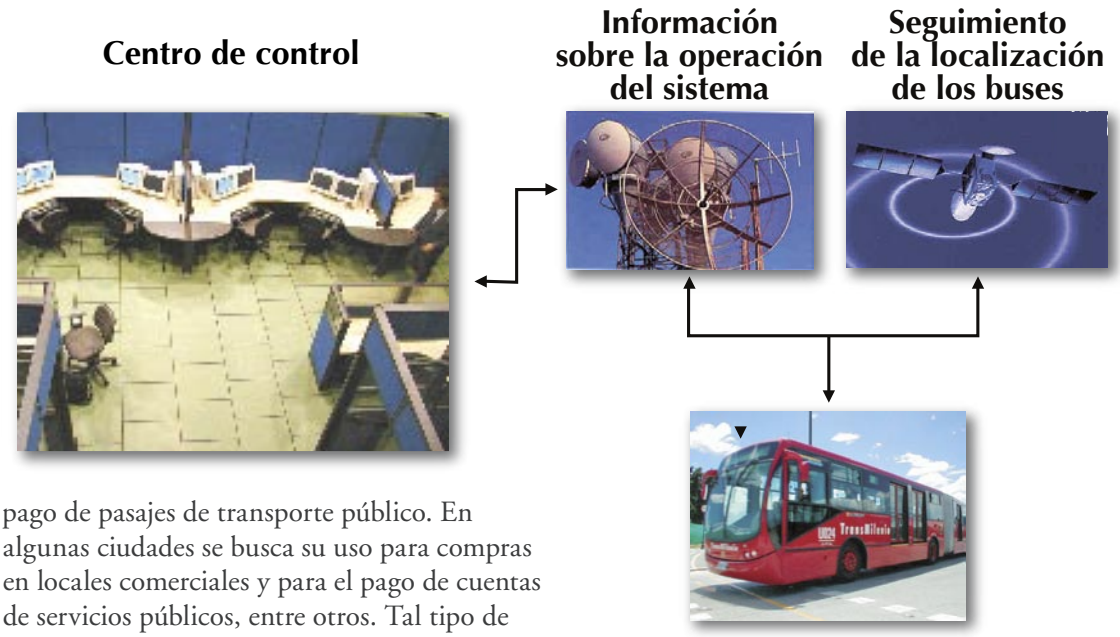


Fig. 35
Sistema de seguimiento con GPS en Bogotá
Foto Cortesía de TRANSMILENIO S.A., Alcaldía de Bogotá

pago de pasajes de transporte público. En algunas ciudades se busca su uso para compras en locales comerciales y para el pago de cuentas de servicios públicos, entre otros. Tal tipo de usos adicionales ya se encuentra en operación en Hong Kong (donde la tarjeta "Octopus" se acepta hasta en restaurantes de comida rápida McDonald´s), y en planeación en muchas otras ciudades.

Finalmente, algunos sistemas en Europa y Norte América utilizan técnicas de ***prueba de compra***, también conocidas como sistemas de "honor". Tales sistemas incorporan pago antes de abordar, pero los usuarios entran directamente a los vehículos sin ninguna verificación de pago. En su lugar, el cumplimiento de la obligación de pago se mantiene a través de la buena voluntad de los pasajeros y se controla a través de verificación al azar por personal del sistema. Aquellos que no muestren la prueba de compra son multados. La mayor ventaja de los sistemas de prueba de compra es que no se requiere la construcción de estaciones cerradas. No es necesario construir barreras físicas entre la estación y el entorno. Esta ventaja de diseño también puede ayudar a reducir los costos de construcción y permiten mejores diseños donde el espacio físico es limitado. La principal desventaja es la elevada dependencia en el cumplimiento por parte de los usuarios, lo que en algunos casos es difícil de obtener. Más aún, el uso de personal de verificación puede resultar costoso.

"Incluso las ciudades en desarrollo pueden ahora considerar las ventajas de un sistema de control central"

Centro de control

Como en el caso de las tecnologías de recolección de pasajes, el costo de las tecnologías de control centralizado ha disminuido a lo largo del tiempo. Por ello, incluso las ciudades en desarrollo pueden considerar la inclusión de un centro de control en su sistema de TMRB.

Los centros de control permiten un alto nivel de dirección y control del sistema que genera muchas ventajas. Primero, un centro de control puede ayudar a identificar y corregir la acumulación de buses. Cuando esto ocurre varios buses se juntan mientras otros se separan generando "huecos" de servicio. Los pasajeros pueden llegar a observar que 3 o 4 buses de una línea llegan a la estación al tiempo, y luego una larga demora para la llegar el siguiente bus (Figura 34). Segundo, un centro de control puede ayudar a identificar y a dar respuesta a problemas que surjan en la operación del sistema. Por ejemplo, si un bus tiene problemas mecánicos, el centro de control puede remitir mecánicos o una grúa para atenderlo en forma inmediata. En forma alternativa, si aparece un problema de seguridad, el centro de control puede proveer la respuesta adecuada, por ejemplo, enviando un equipo de seguridad al sitio de la emergencia.

"Los centros de control permiten un elevado nivel de manejo y control del sistema"

Fig. 36
El sistema de información en tiempo real para pasajeros del Metro de Singapur fue recientemente expandido.
Lloyd Wright

Existen muchas opciones para enlazar los buses y las estaciones con la oficina de control central. En muchos casos, un simple radio o teléfono móvil puede ser suficiente. Adicionalmente puede incorporarse tecnología de Posicionamiento Global Satelital (GPS) para aumentar en forma efectiva el control (Figura 35). Esta tecnología permite información en tiempo real de la localización del bus, a la cual puede agregarse información sobre el estado del bus. A su vez, esta información puede ser usada para varios propósitos de regulación y control de la seguridad del sistema. Así mismo, la información puede usarse para determinar la distribución de los ingresos del sistema entre los operadores privados del sistema, al generar informes de la distancia recorrida por los vehículos a lo largo del día.

Sistemas inteligentes de transporte

Los sistemas sofisticados de recolección de pasajes y los sistemas de control con GPS son parte de un gran paquete de iniciativas denominado "Sistemas de Transporte Inteligentes" (ITS). Dentro de este paquete hay también un conjunto de otras opciones que pueden proveer valor agregado, comodidad y seguridad a la experiencia de viaje en transporte público. Como se ha indicado, el costo de la tecnología decrece rápidamente, permitiendo su utilización en muchas ciudades en desarrollo.

Los paneles de información en tiempo real pueden añadir gran valor a los sistemas en que la separación entre buses es de pocos minutos. La "ansiedad de la espera" ocurre cuando los usuarios no saben cuando llega un bus, o si el bus efectivamente llega. Si los usuarios saben el tiempo de llegada esperado de un bus, ellos pueden relajarse mentalmente y hasta realizar otra actividad, dándole el mejor uso posible al tiempo de espera. Algunos sistemas como el metro de Singapur, ubican la información de tiempo real en paneles en el exterior de las entradas de las estaciones (Figura 36).

Las cámaras de seguridad son una alternativa de bajo costo para supervisión policial del sistema. Los administradores de las estaciones pueden mantener visión en todas las áreas de la estación. Los sistemas de seguridad de cubrimiento global del sistema permiten supervisión central de las actividades en todas las estaciones y todos los buses. La sola presencia de cámaras puede reducir el crimen. Las cámaras también son un signo visible a los usuarios de la seguridad del sistema y pueden ayudar a reducir la ansiedad, particularmente en grupos vulnerables.

"La selección de la tecnología de los buses es importante, pero no necesariamente más que los otros elementos del sistema"

La actuación semafórica da preferencia al sistema de buses en las intersecciones donde el sistema debe cruzar con tráfico mixto. El sistema de Bus "Rapid" de Los Ángeles utiliza exitosamente actuación semafórica. Cuando un bus se aproxima a la intersección semaforizada, una tarjeta electrónica en el bus se comunica con un detector en el pavimento. El mensaje es entonces enviado al controlador de los semáforos de la intersección para dar luz verde al bus que se aproxima. En el caso de los Ángeles, la actuación sólo funciona cada dos ciclos, para evitar interrupción permanente en las vías transversales. La actuación de semáforos funciona mejor cuando el intervalo entre buses está entre 4 y 5 minutos. En sistemas como TransMilenio, de Bogotá, el alto flujo de buses implica que la separación es menor a 30 segundos, y la actuación no es entonces útil.

En general, los sistemas de transporte inteligente (ITS) pueden mejorar la eficiencia del sistema en forma sustancial. Con la disminución gradual del costo de tales sistemas, incluso las ciudades de países en desarrollo deben realizar una completa revisión de opciones y aplicaciones potenciales.

Tecnología de buses

Pocas decisiones en el desarrollo de un sistema TMRB traen tanta polémica como la selección de la tecnología de propulsión de los buses y del proveedor. Sin embargo, siempre debe recordarse que TMRB es muchísimo más que un simple bus. La selección de tecnología del bus es importante, pero no necesariamente más que otros elementos. Aún más, la selección del bus será en parte definida a partir de los análisis previos sobre necesidades de capacidad y de diseño de la vía exclusiva.

La especificación de la tecnología del bus afecta los costos operacionales y el desempeño ambiental. Debe tomarse una decisión sobre el nivel de detalle sobre la tecnología requerido para el sistema. Ciudades como Bogotá especifican las características de desempeño de los buses, pero dejan al sector privado la selección final de la tecnología de propulsión y el proveedor. Por ejemplo, TRANSMILENIO S.A. especifica que los buses deben cumplir como mínimo el estándar ambiental Euro II. TRANSMILENIO S.A. también especifica las dimensiones del buses, el tamaño y requerimientos de operación de las puertas, el arreglo interior de las sillas, el color y otras variables. Sin embargo, la definición de cómo responder ante estos requerimientos es decisión del operador privado, quien tiene la responsabilidad de adquirir los buses. Por ello, en el sistema TransMilenio son aceptables tanto buses diesel como GNV, y se observan varios proveedores de equipos.

En la actualidad se adelanta investigación y desarrollo de varias tecnologías de buses más limpios. Los sistemas de propulsión y las opciones de combustible alternativos (discutidos en el módulo 4a: *Combustibles y tecnologías vehiculares más limpios*) ahora incluyen:

- Diesel limpio
- Gas natural comprimido (CNG)
- Gas líquido de petróleo (LPG)
- Híbrido-eléctrico
- Eléctrico
- Celda de hidrógeno

Generalmente es preferible que los reguladores sólo especifiquen determinados niveles de calidad, tales como estándares de emisión, más que forzar determinada tecnología en el operador de buses. El operador debe considerar varios factores, como el costo de los combustibles, su disponibilidad, mantenimiento requerido, confiabilidad, tiempos de abastecimiento, y desempeño. Así mismo, los operadores deben estar en capacidad de seleccionar el proveedor de acuerdo con sus propias circunstancias.

Fig. 37
Los buses de plataforma baja proporcionan una opción de abordaje rápida
Cortesía del Programa Cooperativo de Investigación en Transporte Público y la Autoridad de Transporte Público de Joilkapoar (Suecia)

Algunos aspectos del proceso de diseño de buses, sin embargo, deben estar claramente establecidos a través del proceso de definición de especificaciones. Por ejemplo, los diseñadores del sistema deben definir el tamaño de los buses y el ancho y número de puertas. Las dimensiones del bus y especificaciones de puertas deben responder a los requerimientos de la demanda de pasajeros. Las opciones estándar incluyen:

- Vans (10 pasajeros)
- Minibuses (30 pasajeros)
- Buses convencionales (70 pasajeros)
- Buses articulados (160 pasajeros)
- Buses bi-articulados (270 pasajeros)

Tabla 5: Ventajas y Desventajas de Buses de Plataforma Baja

Ventajas	Desventajas
No se requiere construir estaciones con piso alto y rampas	Pueden costar US$ 50.000 a US$ 100.000 más por bus
Pueden ser usados en comunidades de baja densidad, donde la construcción de estaciones no es práctica	Generan dificultades de control del pago de pasajes en sistemas cerrados
Crean una imagen más moderna con el pasajero	Difíciles de remolcar cuando tienen daños
Abordaje más rápido que sistemas con escaleras	Menor capacidad de flujo que sistemas con paso a nivel de la estación al bus
	Mayores costos de mantenimiento

Las capacidades señaladas para cada tipo de bus son cifras de referencia aproximadas, dado que la capacidad real depende de la disposición de sillas y del número de pasajeros que es posible acomodar de pie. El tamaño del vehículo debe estar de acuerdo con la demanda de forma que se proporcione una frecuencia adecuada de servicio. Los sistemas de alto volumen requerirán probablemente vehículos grandes (articulados o biarticulados) para servicio de alta frecuencia. Los sistemas más pequeños también deben buscar alta frecuencia, obviamente con vehículos de menor tamaño. Tampoco es cuestión de definir un sólo tipo de vehículo, dado que los servicios troncales y alimentadores pueden requerir tamaños distintos. Bogotá, por ejemplo, usa vehículos articulados en corredores troncales y convencionales en rutas de alimentación.

Los diseñadores del sistema también deben establecer la vida útil de los vehículos. La especificación de la edad ayuda a mantener la calidad del servicio en el largo plazo y que los operadores compitan en igualdad de condiciones.

En los últimos años se ha dado amplia consideración a los buses de plataforma baja, particularmente en Europa y Norteamérica (Figura 37). Ese tipo de buses permiten abordaje relativamente rápido, sin necesidad de construir estaciones con plataforma alta y rampas de acceso. Sin embargo, los buses de plataforma baja también implican la necesidad de incurrir en otros costos. Al estar más cerca del suelo, los buses incurren en mayores cargas y por tanto tienen un costo mayor de mantenimiento. Los buses de plataforma baja cuestan entre US$ 50.000 y US$ 100.000 más que los modelos convencionales. La Tabla 5 proporciona un análisis comparativo para los buses de plataforma baja.

Otro elemento de diseño ampliamente discutido es el guiado mecánico (Figura 38). Sistemas como el de Essen, Alemania, y Adelaida, Australia, emplean guiado automático para mejorar la velocidad y la confiabilidad. Estos sistemas usan carriles con bordillo que guían al vehículo mediante ruedas horizontales. Tales sistemas tienen ventajas en aumento de velocidad y reducción del tamaño de calzada requerido. Sin embargo los carriles pueden ser dos veces más caros que un carril exclusivo normal. De otra parte, con el requerimiento de estaciones a menos de 700 metros de distancia, en los sistemas de alto volumen de países en desarrollo, la ventaja de velocidad de estos sistemas se pierde.

Tabla 6: Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Guiado Mecánico

Ventajas	Desventajas
Permiten mayor velocidad y mejor seguridad	Incrementan sustancialmente el costo de construcción de la vía exclusiva de buses
Permiten carriles más angostos	Generan inflexibilidad sobre el tipo de buses que pueden ser usados en el sistema
Crean una imagen más permanente al sistema de TMRB	No generan ventaja de velocidad para corta separación de estaciones

La Tabla 6 presenta ventajas y desventajas de los sistemas de guiado mecánico.

Estética

La parte estética de los buses debe ser un componente explícito del proceso de diseño y de definición de especificaciones. El aspecto del bus, colores y elementos de diseño visual, tienen gran impacto en la percepción de los usuarios sobre el sistema. Algunos productores de buses están replicando elementos de diseño de los trenes ligeros (Figura 39). Con los simples hechos de cubrir las llantas y de redondear la carrocería, los fabricantes han mejorado sustancialmente la apariencia de sus productos.

Diseño Interior del Bus

Desde la perspectiva del usuario, el diseño del interior del bus es mucho más importante que los elementos de propulsión. El diseño interior afecta directamente la comodidad, capacidad y seguridad de los pasajeros. La cantidad de sillas y de espacio para pasajeros de pie debe ser función de la demanda, especialmente la de la hora pico. El ancho de los corredores es también parte de esta ecuación. Sillas enfrentadas, más que dirigidas al frente, aumentan el espacio para pasajeros de pie. Debe también considerarse la ubicación de elementos de soporte, como varillas y correas.

Adicionalmente, deben considerarse ubicaciones particulares que permitan el acceso y la seguridad de personas con discapacidad física y adultos mayores. Las rampas de conexión entre el bus y la estación son especialmente importantes, pero también lo es el espacio designado para ubicar sillas de ruedas en el interior del bus.

También es importante el sistema de aseguramiento de las sillas de ruedas.

La bicicleta se prohíbe, sin necesidad, en muchos sistemas de buses. Con el mismo nivel del piso del bus y las estaciones, entrar bicicletas es muy fácil, especialmente en horas de baja demanda. El espacio que se designe para bicicletas sirve a los pasajeros de pie durante las horas pico. El diseño interior de los buses de Rouen, Francia, permite la entrada fácil de bicicletas.

Proceso de adquisición de equipos

La estructuración adecuada del proceso de adquisición de vehículos puede crear un ambiente competitivo que aumentara la eficiencia y reducirá los costos. Un plan de adquisición bien diseñado promueve un proceso abierto y transparente, que ayuda a eliminar la corrupción y el gasto innecesario. Los desarrolladores de los sistemas de TMRB deben generar mecanismos para varios fabricantes puedan competir para proveer cada componente. Para lograr este ambiente de competencia, las especificaciones de compra deben ser rigurosas en cuanto a los requerimientos del sistema, pero deben dejar campo a los proveedores para innovar. Antes de poner en consideración la contratación, debe crearse un conjunto de criterios que determinen la selección objetiva de los proponentes (Ej. costo, experiencia, calidad).

2.6 Etapa de Planeamiento VI: Integración Modal

Como todos los sistemas de trasporte público, los TMRB no pueden ser planeados y operados en forma aislada. En cambio, tales sistemas son tan sólo un elemento de la estrategia de desarrollo urbano y de opciones de movilidad. Para ser efectivos, los TMRB deben estar totalmente integrados con otros modos. Otras opciones de transporte, como caminar, usar bicicleta, tomar taxi, y utilizar otros modos de transporte público, no deben ser consideradas competencia, sino complemento del TMRB; los sistemas integrados eliminan los cuellos de botella y satisfacen mejor las múltiples necesidades de viaje de los usuarios. Los TMRB se implementan muchas veces a la par con Estrategias de Administración de la Demanda (TDM, sigla en inglés), que buscan crear condiciones adecuadas para motivar el uso eficiente del espacio urbano. La siguiente es una lista de elementos de esta etapa de planeamiento:

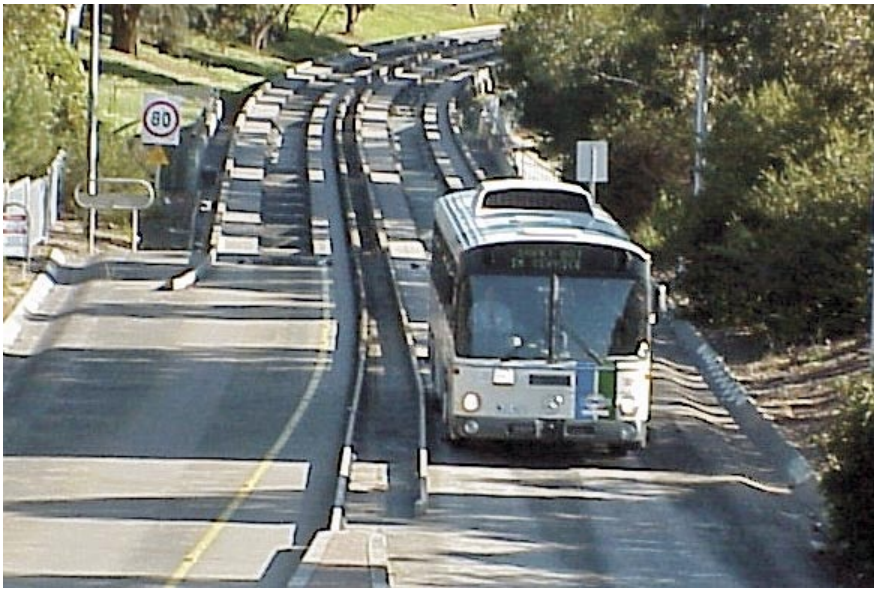


Fig. 38
El O-bahn de Adelaida usa guiado mecánico
Cortesía de la Administración Federal de Transporte Público

1. **Plan de Integración Modal**
   - Acceso de peatones
   - Integración de bicicletas
   - Paradas de taxi
   - Parqueo de automóviles
   - Servicios de tren
   - Servicios complementarios
2. **Planes de Administración de la Demanda**
   - Planes de viaje ecológicos
   - Mezcla de viajes
   - Reducción de velocidad del tráfico

Fig. 39
"Piense en trenes, use buses" parece ser la frase adecuada para los nuevos diseños de buses que han tomado elementos de los trenes modernos
Cortesía de Irisbus (Civis model)

- Peajes por congestión y uso
- Restricciones y costo de parqueo
- Herramientas de incentivo a reducción de estacionamiento
- Impuestos al consumo de combustibles

3. Integración con Uso del Suelo

Por favor remitirse al Módulo 2a: *Planeación del Uso del Suelo y Transporte Urbano* y Módulo 2b: *Manejo de la Movilidad*, para una discusión sobre opciones de política para desarrollo urbano orientado al transporte público.

Plan de Integración Modal

La mayoría de las veces, los diseñadores de los sistemas de transporte piensan en los otros modos como competidores, no cómo modos complementarios. Al maximizar la interfase del sistema de TMRB con otros modos, lo que se hace es aumentar la demanda base de usuarios.

Fig. 40
Vías peatonales de calidad, como los senderos cubiertos de Bangkok, Tailandia (izquierda), y Ciudad de Panamá, Panamá (derecha), facilitan el recorrido de los caminantes al sistema TMRB.
Lloyd Wright

El sistema de TMRB no termina en la puerta de salida de las estaciones, sino que comprende un área de influencia. Las personas deben ser capaces de llegar a una estación de manera segura y confortable si se desea que se conviertan en pasajeros del sistema, y se mantengan como tales.

Un plan de acceso peatonal bien diseñado dará un flujo natural de pasajeros en el área alrededor de las estaciones. Las rutas de acceso peatonal deben ser planeadas por lo menos para un radio de 500 metros alrededor del acceso de las estaciones. Los planificadores deben hacerse unas cuantas preguntas básicas sobre la calidad del acceso peatonal. ¿Son los accesos peatonales a las estaciones bien mantenidos? ¿Son lo suficientemente anchos para manejar confortablemente la demanda esperada? ¿Son seguros y bien iluminados? ¿Hay señalización adecuada para guiar fácilmente a los usuarios a las estaciones? ¿Hay conexiones peatonales lógicas entre los puntos de atracción y producción de viajes, como centros comerciales, lugares de trabajo e instituciones educativas, y las estaciones? Algunas ciudades ya cuentan con elementos de bajo costo para proteger del clima a los caminantes y ciclistas, que de otra forma tendrían poco incentivo en acceder a pie o en bicicleta (Figura 40). En ciudades de extremo calor, las vías peatonales cubiertas pueden reducir la temperatura entre 5 y 8 °C, y de esta forma hacer viable el acceso a pie a las estaciones del TMRB.

El desarrollo de zonas peatonales dedicadas alrededor de las estaciones puede generar sinergias mutuas entre la movilidad no motorizada y el TMRB. El sistema TMRB ayuda a reducir la necesidad de implantar infraestructura costosa para vehículos privados en el centro de las ciudades. Las zonas peatonales dedicadas proveen concentración de pasajeros que llegan directamente al TMRB. Curitiba, Brasil, es un ejemplo excepcional sobre la integración de zonas peatonales al sistema TMRB (Figura 41).

El soporte de la integración de bicicletas con el TMRB es también un mecanismo poderoso para aumentar la base de usuarios. Muchas personas pueden considerar el TMRB una opción viable si esta se encuentra dentro de un delimitado presupuesto de tiempo de viaje desde su hogar. Por ejemplo, algunos individuos pueden considerar que 20 minutos es el máximo tiempo para llegar a una estación. Las bicicletas pueden cubrir una distancia dada entre 5 y

10 veces más larga en el mismo periodo de tiempo que la caminata. Por eso, las bicicletas proporcionan el chance de aumentar el área de influencia entre 25 y 100 veces (dado que el área esta relacionada con el cuadrado de la distancia). Sin embargo, la falta de vías y estacionamientos adecuados para bicicletas significa que muchos sistemas desperdician esta oportunidad.

No es una simple coincidencia que ciudades que tienen sistemas TMRB de alta calidad, también tengan redes de vías para bicicletas excepcionales. Bogotá tiene la red de ciclo-rutas más larga de América Latina, con 270 Km. de vías exclusivas (Figura 42). Así mismo, Curitiba ha hecho un gran esfuerzo para promocionar el uso de bicicletas. Para mezclar sistemas de TMRB con redes para bicicletas se requiere planeamiento integrado, que conecte las estaciones y terminales con las vías para ciclistas. Así mismo, es esencial contar con estacionamiento protegido y seguro de bicicletas en las estaciones (Figura 43). Parqueos cerrados, con vigilancia y entrega de recibos de parqueo pueden ser parte de una estrategia efectiva. Cámaras de seguridad también pueden dar confianza a los ciclistas. Instalaciones cubiertas pueden ser necesarias en zonas con alto nivel de lluvias o durante la estación húmeda en regiones ecuatoriales.

Otra oportunidad no aprovechada en algunos casos es la integración con la industria de taxis. En ciudades de países en desarrollo, las asociaciones de taxistas son políticamente poderosas y muchas veces se dejan sin control. En esas ciudades, los taxis también son parte del problema de congestión. Casi siempre, la congestión causada por los taxis se debe a que están circulando en busca de pasajeros. Los taxis de Shangai, por ejemplo, gastan el 80% de su tiempo sin pasajeros.

La localización adecuada de paradas de taxi en cercanías de las estaciones, puede ser una estrategia ganadora para los diseñadores del sistema de TMRB, los taxistas, los administradores públicos y la gente (Figura 44). Los diseñadores ganan al añadir otro servicio de alimentación a su estructura de servicio, los taxistas y dueños de vehículos al reducir sus costos de operación. Las estaciones de TMRB proveen un volumen concentrado de pasajeros, sin necesidad de andar dando vueltas consumiendo cantidades enormes de combustible. Los administradores públicos de la ciudad ganan al reducir la congestión. Y finalmente, la gente gana al tener un

Fig. 41
La zona peatonal de Curitiba, Brasil, se conecta directamente con el Sistema TMRB
Lloyd Wright

Fig. 42
Bogotá, Colombia cuenta con TransMilenio y una red de ciclo rutas de clase mundial
Lloyd Wright

Fig. 43
Estacionamiento de bicicletas en Copenhague, Dinamarca
Cortesía del Dr. Lee Schipper

Fig. 44
Integración entre un sitio de taxis y el sistema de TMRB de Quito, Ecuador
Lloyd Wright

sistema de transporte público más conveniente y flexible, que también reduce la contaminación y genera mayor eficiencia general.

Los propietarios de vehículos particulares también pueden ser integrados de forma efectiva al dotar al sistema de parqueos integrados. Estos parqueos funcionan mejor en zonas residenciales al final de las líneas de TMRB. Los usuarios de estos estacionamientos completan su jornada de viaje de forma muy rápida en los carriles exclusivos. Una de las mejores estrategias de mercadeo es ver la vía trancada por la congestión al lado de un bus moviéndose a gran velocidad y con muchos pasajeros. Los dueños de vehículo particular tienen menor probabilidad de usar el transporte público si tienen que manejar una gran distancia y sólo usar el TMRB por pocas cuadras finales.

Finalmente, los sistemas de TMRB también pueden ser un complemento ideal para otros modos de transporte público y de larga distancia. Ciudades que ya cuenten con metro y tren regional pueden integrarlos efectivamente a su TMRB. Por ejemplo, Sao Paulo, usa corredores exclusivos para conectar sus líneas de metro con comunidades alejadas. Algunas ciudades ya cuentan con sistemas ferroviarios, pero no tienen los recursos para completarlos o expandirlos. En tales casos, pueden optar por TMRB como una alternativa económica, para llevar el transporte público masivo a toda la ciudad.

La clave para una adecuada integración es la conexión física entre los sistemas, el mercadeo y promoción conjuntos, y la unificación de las estructuras tarifarías. En Sao Paulo, la conexión se realiza a través de rampas que llevan a los pasajeros directo del Metro al TMRB. Señalización adecuada también puede contribuir a reducir los cuellos de botella de la integración. Más aún, los dos sistemas pueden ser mercadeados bajo el mismo nombre y logotipo, de forma que tengan una clara unidad a ojos de los pasajeros. Por último, una estructura tarifaría unificada permite el paso de un modo al otro sin pago de una tarifa adicional.

Los sistemas TMRB también deben integrarse con sistemas de transporte de larga distancia en buses y trenes. Nuevamente, la integración física de la interfase es la clave para que esto sea una verdadera opción. Los pasajeros de estos modos comúnmente llevan equipaje o mercancías, por lo que deben existir posibilidades de contar con mecanismos efectivos de transferencia.

Administración de la demanda de viajes

Parte de la estrategia para transformar una ciudad y su estructura de movilidad es la provisión de trasporte público de alta calidad, como el TMRB. Al mismo tiempo, el uso de mecanismos para desincentivar el uso de automóviles privados puede dar múltiples dividendos. El uso adecuado de tales mecanismos puede mejorar la demanda de pasajeros en el nuevo sistema de transporte, soportar la reestructuración sostenible de la ciudad, generar otras ganancias económicas y ambientales, y crear un mayor sentido de equidad al mejorar la movilidad y la accesibilidad generales.

Experimentos recientes con Administración de la Demanda de Viajes (TDM en inglés), o técnicas de administración de la movilidad, muestran como se puede dirigir a la gente hacia alternativas de transporte sostenibles. Mecanismos como los planes de viaje ecológicos, mezcla de viajes, reducción de velocidad en zonas residenciales, tarifas por congestión y uso de vías urbanas, restricciones de estacionamiento, y mecanismos de pago por reducción de parqueo, han logrado importantes éxitos al mover a viajeros cotidianos hacia opciones de transporte público y movilidad no motorizada. El desarrollo de un sistema TMRB es el momento ideal para aplicar técnicas de Administración de la Demanda de Viajes.

Integración con la planeación del uso del suelo

Los sistemas de TMRB de Latino América son también excelentes ejemplos de integración de la política de uso del suelo y el transporte público. Los sistemas de TMRB pueden apoyar el crecimiento económico sostenido. Las estaciones del TMRB de Curitiba son nodos de desarrollo, que atraen la concentración de usos comerciales y residenciales. La localización estratégica de las estaciones y corredores, puede apoyar tanto el desarrollo del sistema de trasporte como el plan de desarrollo urbano. El desarrollo urbano orientado al transporte público mejora el acceso de personas a oportunidades de compras, empleo y servicios, al tiempo que los centros de alta densidad aseguran suficiente volumen de demanda para hacer sostenible el sistema TMRB. Curitiba también ha coordinado el desarrollo de vivienda alrededor de los corredores de buses. El resultado final es que la ciudad puede entregar infraestructura básica de servicios domiciliarios,

como agua potable, alcantarillado y electricidad, a una fracción del costo, en las áreas de desarrollo coordinado.

2.7 Etapa de Planeamiento VII: Planes para Implantación

La producción del plan para el sistema de TMRB no es el objetivo final de este proceso. Sin implantación, el proceso de planeamiento es un ejercicio sin ningún sentido. Sin embargo, sucede muchas veces que los esfuerzos y gastos en planeamiento terminan en documentos y planos sin aplicaciones reales, que sólo sirven para llenar las bibliotecas o cubrir las paredes de las oficinas públicas. En cambio, el proceso de planeamiento del TMRB puede darle a los administradores públicos la confianza que se han tomado todas las precauciones para asegurar una implantación exitosa.

Por ello, el paso final del proceso de planeamiento del sistema TMRB es el punto crítico para asegurar que los planes se conviertan en realidad de acuerdo con lo previsto y de forma eficiente. La siguiente es una lista de contenidos tentativos de esta etapa de planeamiento.

1. Plan Financiero
- Opciones de financiamiento local
- Financiamiento desde el nivel nacional
- Financiamiento comercial
- Participación privada

2. Plan de vinculación de personal
- Definición de los cargos (puestos) de trabajo
- Estrategia de contratación de recursos humanos

3. Plan de contratación para el sistema
- Concesiones
- Procesos de contratación
- Multas y bonificaciones para los operadores

4. Planes de construcción e implantación
- Cronograma de actividades

5. Planes de mantenimiento del sistema
- Identificación de actividades de mantenimiento
- Programa de mantenimiento
- Costos y financiación del mantenimiento

6. Plan de monitoreo y evaluación
- Metas e indicadores
- Frecuencia de monitoreo y evaluación
- Sistemas de retroalimentación para mejoramiento continuo

Plan Financiero

Introducción

Sorprendentemente, la financiación no es en general una barrera para la implantación de un sistema de TMRB. La razón: el costo relativamente bajo de inversión y operación. Algunas naciones en desarrollo han encontrado que los préstamos y la financiación externa no son necesarios. Los recursos locales y el apoyo del gobierno nacional pueden ser suficientes para cubrir todos los costos de construcción. Y dado que la mayor parte de los sistemas TMRB operan sin subsidios operativos, no se requiere financiación pública adicional para mantener el sistema en funcionamiento.

Sin embargo, si llegara a requerirse financiación, tanto organismos comerciales, como bilaterales y multilaterales apoyan cada vez más los proyectos TMRB. A diferencia de otras Opciones de Transporte Público Masivo, TMRB presenta bajos costos de capital y niveles de retorno operacional que se consideran financiables desde el punto de vista comercial. Instituciones inter-

Tabla 7:
Posibles fuentes de financiación para TMRB

Área de Actividad	Fuente de Financiación
Planeamiento del Sistema	Recursos Nacionales y Locales
	Agencias de Cooperación Técnica Bilateral (ej. GTZ, USAID)
	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
	Facilidad Ambiental Global (GEF)
	Fundaciones Privadas (ej. WBCSD, Shell Foundation, Hewlett Foundation
Infraestructura	Recursos Nacionales y Locales
	Banco Mundial
	Bancos de Desarrollo Regional (ej. IDB, ADB, CAF)
	Bancos Comerciales
Equipos (ej. Buses)	Operadores privados de buses
	Fabricantes de buses
	Bancos de exportación
	Corporación Financiera Internacional (IFC)
	Bancos Comerciales

nacionales también tienden a apoyar TMRB por razones similares. El Banco Mundial, en su reciente *Revisión de Políticas de Transporte Urbano* (http://www.worldbank.org/transport) realizó comentarios altamente favorables de los TMRB. Agencias bilaterales y bancos de desarrollo regional también han realizado afirmaciones favorables sobre la efectividad y bajo costo de los TMRB.

El financiamiento de los TMRB se divide en tres grupos de actividades: planeación, infraestructura y equipos (tales como los buses). Cada una de estas actividades envuelve tipos distintos de organizaciones para su financiación. La Tabla 7 resume fuentes potenciales de financiamiento para estas áreas de actividad.

Opciones de financiamiento local

Antes de buscar oportunidades de financiación internacional, las administraciones locales deben investigar las opciones locales de recursos. El costo relativamente bajo de los TMRB puede significar que la financiación externa no es necesaria. Obviamente, las ciudades y el gobierno nacional deben buscar reducir el impacto sobre los niveles de deuda. Los recursos posibles locales y nacionales incluyen:

- Rentas generales locales y nacionales
- Controles de estacionamiento
- Cobro de congestión
- Recursos del flujo de ingresos de años futuros (impuestos de dedicación específica)
- Desarrollo comercial alrededor de estaciones
- Publicidad
- Registro de marca y venta de productos de consumo asociados al sistema

El punto de arranque lógico para cualquier plan de financiación es la revisión del presupuesto disponible para transporte público y desarrollo de infraestructura vial. Muchas veces el valor equivalente de una intersección a desnivel para tráfico general, es suficiente para cubrir el inicio de un sistema TMRB. Desde el punto de vista de la equidad y el impacto ambiental, hay suficiente justificación para compensar a los usuarios de transporte público a partir de recursos generados por cargos al uso de vehículos privados. En ese sentido, tarifas al estacionamiento, impuestos a la propiedad y la circulación de automóviles, y cobros por congestión tienen un alto potencial para dar un flujo permanente de recursos para el desarrollo y mantenimiento de infraestructura para TMRB. Muchas ciudades en desarrollo no cuentan actualmente con controles al estacionamiento de vehículos privados. En ciudades como Cuenca, Ecuador, la implantación de tarifas de parqueo a través de contratistas privados ha sido efectiva para obtener recursos locales (Figura 45). Los esquemas de cobro por congestión han sido exitosamente implantados en Noruega, Singapur y la Ciudad de Londres. Muchas ciudades de América Latina utilizan elementos de cobro por uso de infraestructura a través de vías con peaje. Esos ingresos pueden ser orientados a infraestructura de transporte público.

Bogotá hizo uso de recursos de destinación específica provenientes de impuestos a la gasolina. Existe una sobretasa a la gasolina de 25% que se puede usar directamente en proyectos de transporte público como TransMilenio. En forma similar, el Estado de Carolina del Norte, en Estados Unidos, cuenta con un esquema novedoso para asegurar la financiación de proyectos de transporte público. Medio por ciento del impuesto estatal a las ventas está dirigido a proyectos de transporte público locales. Esta fuente de recursos genera cerca de US$ 50 millones cada año. El Estado usa estos recursos para proveer una contrapartida de 50% a los proyectos de transporte público. La ciudad de Charlotte ha hecho uso de este mecanismo de financiación para desarrollar su sistema TMRB.

Fig. 45
Mediante la privatización del control de estacionamiento, la ciudad de Cuenca, Ecuador, ha creado una nueva e importante fuente de ingresos
Cortesía del Municipio de Cuenca

Los sistemas TMRB también tienen muchas alternativas de comercialización al ser nodos estratégicos para el desarrollo de vivienda, servicios y comercio. El espacio al interior y alrededor de las estaciones y terminales tiene valor especial por el alto volumen de personas que circulan en el sistema. Los valores de la propiedad inmobiliaria usualmente se disparan con tan sólo anunciar el desarrollo del sistema. Los desarrolladores de sistemas TMRB pueden aprovechar esta oportunidad al controlar y vender el espacio comercial. Los sistemas de transporte masivo de Manila y Bangkok han usado la venta de espacio comercial para ayudar a financiar los costos de la infraestructura (Figura 46).

Así mismo, la venta de espacio publicitario en estaciones y al interior de los buses puede ser considerado. Sin embargo, tal comercialización debe realizarse con cuidado. Las señales comerciales deben ser discretas so pena de degradar la calidad estética del sistema. Cuando hay demasiados anuncios publicitarios en las estaciones y en los buses, los usuarios tienen menor posibilidad de distinguir las señales sobre el uso del sistema. La reducción general de la calidad estética del sistema puede impactar la imagen hacia los usuarios, lo cual puede reducir la satisfacción de los usuarios y el uso del TMRB. El deterioro visual puede también conducir al incremento de graffiti, vandalismo y otras actividades criminales.

Algunos sistemas de TMRB han logrado tal nivel de aceptación en la comunidad que pueden llegar a generar oportunidades de comercialización de la marca. La venta de camisetas, modelos de estaciones y de buses, y otros artículos de recuerdo relacionados con la imagen del sistema puede llegar a producir una fuente permanente de recursos. El mercadeo del sistema se relaciona con la calidad de la impresión inicial generada (nombre, logotipo, colores, etc.) así como del nivel de reconocimiento y orgullo social logrados a través de la prestación de un servicio de alta calidad.

En algunos casos, el financiamiento internacional puede ser una adición apropiada al plan financiero basado en recursos locales y nacionales. Sin embargo, aún con el interés de las agencias y fundaciones internacionales, los recursos nacionales y locales serán la base. Aún más, la mayoría de las organizaciones internacionales

Fig. 46
La comercialización de espacio en estaciones, como el caso de Bagkok, Tailandia, puede ayudar a financiar costos de infraestructura
Lloyd Wright

desean ver una asignación sustancial de recursos locales para estar seguras que existe voluntad política y apropiación local.

La Facilidad Ambiental Global (GEF)

Los recursos internacionales pueden provenir de subvenciones o créditos. La entrega de subvenciones generalmente se realiza en pequeñas cantidades y en forma dirigida a actividades preparatorias como la planeación o el desarrollo de demostraciones. Un ejemplo de tal tipo de subvenciones es la Facilidad 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 enfrentar temas como la contaminación de aguas internacionales, conservación de biodiversidad, cambio climático global, agotamiento de la capa de ozono, y contaminantes orgánicos persistentes. Los proyectos de transporte son elegibles a través de el programa de cambio climático global y el Programa Operacional GEF número 11, en la medida que los proyectos TMRB promueven:

Llos cambios modales hacia formas de transporte más eficientes y menos contaminantes, mediante medidas de administración y restricción de tráfico automotor y aumento del uso de combustibles más limpios (Artículo 11(10)(a) de PO 11).

Para calificar a un proyecto GEF, un municipio debe apoyarse en la oficina focal del GEF del nivel nacional, la cual está normalmente ubicada ya sea en Ministerio del Ambiente o en el Ministerio Relaciones Exteriores. Adicionalmente, el proyecto necesita que una de las agencias de implantación se haga cargo de encabezar y soportar el proyecto a lo largo del proceso de aplicación. Agencias de implantación elegibles incluyen 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. A la fecha el GEF, con apoyo del Banco Mundial, ha aprobado tres proyectos con elementos relacionados con TMRB en Santiago (Chile), Lima (Perú) y Ciudad de México.

El tamaño de la asistencia del GEF depende del tipo de aplicaciones y la naturaleza del proyecto. Los mecanismos de apoyo del GEF incluyen:

- Programa de asistencias pequeñas (fondos menores de US$ 50.000)
- Programa de pequeñas y medianas empresas
- Facilidad de preparación y desarrollo de proyectos (PDF)
  - PDF Bloque A (hasta US$ 25.000 para preparación de proyecto)
  - PDF Bloque B (hasta US$ 350.000 para preparación de proyecto)
  - PDF Bloque C (hasta US$ 1 millón para preparación de proyecto)
- Proyectos de Tamaño Mediano (hasta US$ 1 millón por proyecto)
- Proyectos de Gran Tamaño (grandes auxilios, en algunos casos mayores a US$ 10 millones)

Los proyectos de transporte GEF en Chile, Perú y México son de gran tamaño. Los recursos GEF tienen poca probabilidad de ser aprobados para desarrollo de infraestructura, pero son muy útiles para ayudar en el proceso de planeamiento. Adicionalmente, la financiación GEF puede también ser un mecanismo efectivo para atraer financiación complementaria de bancos de desarrollo.

Otros programas internacionales pueden también apoyar actividades para TMRB. El Banco Mundial también maneja el Fondo Prototipo del Carbón, una asociación de esfuerzos públicos y privados para mitigar el cambio climático. Los proyectos BRT que permitan la reducción de emisiones de gases con efecto de invernadero son elegibles para recibir recursos (http://www.prototypecarbonfund.org).

Adicionalmente, organismos bilaterales como la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) y la Agencia de Desarrollo Internacional de los EEUU (USAID) pueden ser aprovechadas para obtener apoyo y recursos técnicos. Fundaciones privadas como la Fundación Shell y la antigua Fundación W. Alton Jones, también han apoyado actividades para TMRB.

La financiación del sector privado puede ser apalancada, especialmente para la adquisición de equipo, como los buses. La estructuración financiera del TMRB puede hacerse de tal manera que los costos de los buses se amorticen totalmente con la tarifa. No hay razón para gastar los limitados recursos públicos en tecnologías de buses; en cambio, los fondos públicos pueden dedicarse a proveer infraestructura de alta calidad. Bogotá y otros sistemas han sido capaces generar esquemas en los cuales el sector privado financia totalmente los buses.

Plan de Vinculación de Personal

La simplicidad de los sistemas TMRB y la creciente utilización de tecnologías de información permiten que sistemas de gran tamaño sean administrados por agencias relativamente pequeñas. El sistema TransMilenio de Bogotá, es manejado por una organización de tan sólo 70 personas. Un grupo de sólo 70 empleados es capaz de supervisar un sistema para una ciudad de 7 millones de habitantes. Para lograr esa economía administrativa, se requiere, sin embargo, mucha planificación y estructuración. Los tipos de posiciones a ser provistas y los requerimientos para ellas deben ser desarrollados de forma estratégica.

Plan de contratación para el Sistema

La selección de equipo y de los operadores del sistema requiere procesos de contratación competitivos y abiertos. Lo mismo es cierto para la contratación de actividades, desde la consultoría hasta la selección de firmas de construcción. Un proceso transparente de contratación, apoyado en especificaciones claras y precisas, así como criterios de selección bien definidos es fundamental. Un proceso sin competencia y con negocios sin escrúpulos dañará profundamente

el proyecto, por la generación de sobre costos y la pérdida de credibilidad pública.

Planes de construcción e implantación

Un proyecto de TMRB incorpora el manejo de un diverso número de actividades para entregar un producto final coordinado. El tiempo requerido y el orden de cada componente (estructuras administrativas, costeo, planes de mercadeo y de servicio al usuario, diseño de rutas, ingeniería de los carriles exclusivos, etc.) deben ser programados y completados de forma adecuada. Los planes detallados de construcción e implantación con su respectivo cronograma pueden ser una herramienta de administración muy útil para supervisar y controlar el desarrollo del proyecto.

"El desarrollo de un plan de mantenimiento y la dedicación de una fuente continua de recursos es fundamental para el desempeño de largo plazo del sistema"

Planes de mantenimiento del sistema

Al superar los problemas de arranque, la mayoría de los sistemas operan adecuadamente y proyectan una imagen altamente positiva durante los años iniciales. Cuando los sistemas se envejecen, sin embargo, se generan dudas sobre sus posibilidades de continuar entregando la calidad y el desempeño iniciales. Los sistemas de buses usualmente dejan de recibir inversión y cuidado en el largo plazo. Por ello, el desarrollo de un plan de mantenimiento con recursos asegurados para el desarrollo y mantenimiento del sistema es fundamental para el desempeño de largo plazo.

El mantenimiento de algunos elementos del sistema, como los buses, usualmente es responsabilidad de los operadores privados. En tal sentido, el mantenimiento y los estándares de calidad deben ser definidos de forma explícita en los documentos originales de contratación. Otros atributos del sistema, como la calidad de las estaciones, terminales y carriles exclusivos es responsabilidad de las entidades administradoras. El desarrollo de contratos con agentes privados puede ser la mejor manera de manejar y mantener estos elementos. Deben tomarse decisiones sobre la asignación de recursos para el mantenimiento a partir de los ingresos operacionales y otras fuentes. El momento de realizar dichas asignaciones varía de acuerdo con la vida del sistema, en tanto diferentes elementos se deterioran a tasas distintas. Finalmente, se requieren decisiones sobre cuales elementos se reponen con ingresos operacionales y cuales con asignaciones de capital.

Plan de monitoreo y evaluación

En muchos casos, el éxito o falla del sistema será evidente a partir de la reacción de la opinión pública, comentarios de prensa, niveles de utilización e ingresos del sistema. Sin embargo, para obtener indicadores objetivos y cuantificables del desempeño global del sistema, un plan de monitoreo y evaluación periódica es un requerimiento fundamental. La retroalimentación de tal plan ayuda a identificar las fortalezas y debilidades, y a tomar acciones correctivas.

La identificación de un grupo de objetivos e indicadores del sistema es el primer paso para desarrollar el plan de monitoreo y evaluación. Los indicadores clave deben incorporar elementos como número de usuarios, ingresos totales, costos operacionales reales, kilómetros recorridos, velocidades, tiempos de espera de los usuarios, factores de carga, y estadísticas de accidentes y crímenes, entre otros. Muchos de estos factores pueden tener correlación con la hora del día y el día de la semana. Sin embargo, no todas las metas son cuantificables. En estos casos pueden usarse entrevistas de satisfacción que capturen la impresión sobre la calidad del servicio desde el punto de vista de los usuarios. La frecuencia de reporte de los indicadores también debe ser definida de antemano.

3. Recursos TMRB

El crecimiento del interés por TMRB en los últimos años también ha llevado a un aumento la disponibilidad de recursos para ayudar a las ciudades interesadas.

Información sobre TMRB

1. Asociación Americana de Transporte Público (APTA)

APTA es una agremiación que representa a las agencias de transporte público y operadores en los EEUU. El sitio web de APTA incluye información general sobre los conceptos de TMRB

http://www.apta.com/info/briefings/brief2.pdf

2. Central de Transporte Masivo Rápido en Bus (Bus Rapid Transit Central)

Este sitio concentra artículos sobre TMRB y enlaces a información técnica de varios sistemas. Adicionalmente, el sitio cuenta con un foro de discusión que permita a los profesionales del área de transporte público contar con oportunidades de responder sus inquietudes.

http://www.busrapidtransit.net

3. Programa de Transporte Sostenible de la Agencia de Cooperación Técnica Alemana GTZ (SUTP)

GTZ ha generado fuentes de información sobre gran cantidad de tópicos de transporte sostenible. El sitio web de SUTP también proporciona discusiones detalladas sobre la aplicación de TMRB en la ciudad de Surabaya, Indonesia.

http://www.sutp.org

4. Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (ITDP)

ITDP publica un boletín de noticias e-Sustainable Transportation, que incluye frecuentes artículos sobre proyectos de TMRB alrededor del mundo.

http://www.itdp.org

5. Agencia Internacional de Energía (IEA)

La IEA ha comparado el desempeño ambiental de diferentes combustibles y opciones de propulsión en el libro de Lew Fulton Sistemas de Buses del Futuro: Para Lograr Transporte Sostenible Alrededor del Mundo, 2002 (en inglés), que también compara los impactos de emisiones contaminantes frente a estrategias de cambio modal.

http://www.iea.org

6. Instituto Nacional de TMRB (National BRT Institute)

El Instituto Nacional de TMRB es un punto de concentración y diseminación de información sobre TMRB

http://www.nbrti.org

7. Mesa de Trabajo de Transporte de Australia (Transport Roudtable Australia)

Este sitio proporciona información útil y artículos sobre elementos de TMRB y enlaces específicos a sistemas en ciudades australianas como Brisbane y Adelaida. En Octubre, 2000, la mesa de trabajo patrocinó una conferencia relacionada con TMRB en Brisbane.

http://www.transportationroundtable.com.au

8. Administración Federal de Transporte de EEUU (US-FTA)

El sitio presenta un vistazo general del programa TMRB del Gobierno Federal, así como información sobre actividades en desarrollo en cada una de las ciudades participantes, También cuenta con un número de enlaces a documentos técnicos.

http://www.fta.dot.gov/brt

9. Banco Mundial

El Banco Mundial completó en el 2001 la Revisión de Estrategias de Transporte Urbano. Este documento, Ciudades en Movimiento, presenta la nueva estrategia del Banco Mundial de apoyo a opciones de transporte urbano sostenible. También entrega información sobre muchos sistemas de transporte público, TMRB incluidos.

http://www.worldbank.com/transport

Proyectos de ciudades

- Adelaida, Australia
  http://www.adelaidemetro.com.au/guides/obtain.htm
- Auckland, Nueva Zelanda
  http://www.nscc.govt.nz/brt
- Bogotá, Colombia
  http://www.transmilenio.gov.co
- Boston, EEUU
  http://www.allaboutsilverline.com
- Brisbane, Australia
  http://www.transport.qld.gov.au/busways
- Cleveland, EEUU
  http://www.euclidtransit.org
- Curitiba, Brasil
  http://www.curitiba.pr.gov.br/pmc/ingles/soluciones/transporte/index.html
- Eugene, EEUU
  http://www.ltd.org/brt.html
- Hartford, EEUU
  http://www.ctbusway.com/nph
- Leeds, Reino Unido
  http://www.firstleeds.co.uk/superbus/html
- Los Ángeles, EEUU
  http://www.mta.net/metro_transit/rapid_bus/metro_rapid.htm
- Miami, EEUU
  http://www.co.miami-dade.fl.us/transit/future/info.htm
- Orlando, EEUU
  http://www.golynx.com/services/lymmo/index.htm
- Phoenix, EEUU
  http://www.ci.phoenix.az.us/brt
- Pittsburg, EEUU
  http://www.portauthority.com
- Quito, Ecuador
  http://www.quito.gov.ec/trole/trole_1.htm
- San Francisco, EEUU
  http://www.projectexpress.org
- San Pablo, EEUU
  http://www.actransit.org/onthehorizon/sanpablo.wu
- Santa Clara, EEUU
  http://www.vta.org/projects/line22brt.html
- Sydney, Australia
  http://www.rta.nsw.gov.au/initiatives/e6_c.htm

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Dag-Hammarskjold-Weg 1-5
Postfach 51 80
D - 65726 Eschborn
Teléfono +49-6196-79-1357
Fax +49-6196-79-7194
Internet: http://www.gtz.de

Comisionado por

Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung