

Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte

Transporte público

Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte

Transporte público



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría
TRÁNSITO Y TRANSPORTE

C&M
Cal y Mayor y Asociados

Bogotá, D.C., Colombia, octubre de 2005

*Manual de Planeación y Diseño para la
Administración del Tránsito y el Transporte*

Primera edición: 1998

Segunda edición: octubre de 2005

Tomo IV. Transporte público

**Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.
Secretaría de Tránsito y Transporte**

Secretario de Tránsito y Transporte	Carlos Eduardo Mendoza Leal
Subsecretario técnico	Heriberto Triana Alvis
Interventor	William Fernando Camargo Triana
ISBN	958-97712-3-8
	Contrato 133 de 2004
	Bogotá, D.C., octubre de 2005

Dirección editorial, diseño y diagramación	Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Avenida 13 No. 205-59
Directora editorial	Jimena Lemoine Garzón
Coordinación editorial	Jorge Cañas Sepúlveda
Diseño de carátula	Luisa Fernanda Manrique
Impresión digital	Logoformas S.A.



MANUAL DE PLANEACIÓN Y DISEÑO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL TRÁNSITO Y EL TRANSPORTE



CONTENIDO GENERAL

RECONOCIMIENTOS	IX
AGRADECIMIENTOS	XI
PRESENTACIÓN	XIII
INTRODUCCIÓN	XIX
RESUMEN	XXI
CAPÍTULO 1. ATRIBUTOS EN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	
1.1 Atributos del transporte público	1-5
1.2 Confiabilidad	1-9
1.3 Comodidad	1-9
1.4 Rapidez	1-20
1.5 Accesibilidad	1-31
1.6 Seguridad	1-44
1.7 Economía	1-44
Referencias bibliográficas	1-45
CAPÍTULO 2. PROGRAMAS PARA TRANSPORTE PÚBLICO	
2.1 Programas para la evaluación de rutas y paraderos	2-5
2.2 Simulación de paraderos. Irene	2-12
Referencias bibliográficas	2-18
CAPÍTULO 3. LINEAMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE ESTUDIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO	
3.1 Planeación estratégica del sistema de transporte público	3-6
3.2 Planeación operativa del sistema de transporte público	3-9
3.3 Monitoreo y control del desempeño del sistema de transporte público	3-11
3.4 Lineamientos para el diseño operacional básico de una ruta para transporte público	3-13
3.5 Lineamientos para el diseño operacional de una ruta alimentadora	3-25
3.6 Lineamientos para la modificación de rutas de transporte público	3-31
3.7 Reorganización de rutas de transporte público	3-34
3.8 Formulación de terminales satélites	3-38
Referencias bibliográficas	3-40

CAPÍTULO 4.	ESTUDIOS DE CAMPO PARA LA DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO	
4.1	Frecuencia y ocupación visual	4-6
4.2	Ascenso y descenso de pasajeros a bordo de unidades de transporte	4-16
4.3	Estudio de ascenso y descenso en paraderos	4-21
4.4	Estudio de origen y destino de pasajeros por el método de los boletos	4-25
4.5	Encuestas a usuarios de transporte público colectivo urbano de pasajeros	4-29
4.6	Estudio de transporte en taxis o en transporte individual	4-36
4.7	Ocupación visual en transporte individual	4-42
4.8	Encuesta de preferencia declarada	4-45
	Referencias bibliográficas	4-49
CAPÍTULO 5.	ESTUDIOS DE CAMPO PARA LA OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO	
5.1	Inventario de transporte público colectivo urbano de pasajeros	5-6
5.2	Verificación de itinerario de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros	5-15
5.3	Medición de parámetros de operación en terminales y cierres de circuito en rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros	5-20
5.4	Tiempos de recorrido y demoras de transporte público	5-24
5.5	Tiempo de recorrido por el método de las placas	5-32
5.6	Estudios de costos de operación en transporte público colectivo urbano de pasajeros	5-36
	Referencias bibliográficas	5-59
CAPÍTULO 6.	CALIDAD EN EL SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO	
6.1	Paso 1: observación	6-5
6.2	Paso 2: determinación de atributos relevantes	6-7
6.3	Paso 3: Caracterización de atributos	6-11
6.4	Paso 4: calidad y nivel de servicio	6-20
	Referencias bibliográficas	6-26
CAPÍTULO 7.	LINEAMIENTOS PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS	
7.1	La gestión de tarifas en las ciudades	7-5
7.2	Base conceptual	7-6
7.3	Parámetros de operación por clase de vehículo y nivel de servicio	7-8
7.4	Cálculo del costo por kilómetro	7-13
7.5	Alternativas de tarifas	7-13
7.6	Índices y parámetros de referencia para el cálculo de tarifas	7-14
	Referencias bibliográficas	7-15

RECONOCIMIENTOS

De la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá

Dr. Carlos Eduardo Mendoza Leal	:	Secretario de Tránsito y Transporte (STT)
Dr. Heriberto Triana Alvis	:	Subsecretario técnico de la STT
Esp. Luis Eduardo Acosta Medina	:	Asesor Subsecretaría Técnica
Esp. Betty Luz Castro Morales	:	Asesor Subsecretaría Técnica
Esp. William Fernando Camargo Triana	:	Interventor
Esp. Elber Pérez Walteros	:	Interventor
Esp. Martha Constanza Coronado Fajardo	:	Supervisora. Toma de información parámetros tránsito
Esp. Juan Carlos Montenegro Arjona	:	Semaforización Electrónica
Esp. Ricardo José Peña Lindarte	:	Estacionamientos
Ing. Luis Manuel Puentes Vega	:	Asesor Subsecretaría Técnica

Del consultor (Cal & Mayor y Asociados, S.C.)

MSc. Marcos Noguerón	:	Director de Consultoría C&M
Esp. Jenny Landaeta Espinosa	:	Gerente de proyecto
MSc. Santiago Henao Pérez	:	Director del proyecto
MSc. Óscar Salcedo Yusti	:	Aseguramiento de la calidad
MSc. Mauricio Carvajal Benítez	:	Especialista general y líder del desarrollo del <i>Manual</i>
MSc. James Cárdenas Grisales	:	Asesor en Ingeniería de Tránsito
MSc. Marco Antonio Hinojosa	:	Asesor en Planeación del Transporte
PhD. Domingo Ernesto Dueñas	:	Asesor en Transporte Público
Ing. Jean Christian Trujillo Gómez	:	Asesor en Modelación del Transporte
MSc. Luis Ángel Guzmán	:	Ingeniero de apoyo. Calibración de Parámetros del Tránsito y Métodos
Esp. Nidia Castellanos Acosta	:	Ingeniero de apoyo. Transporte Público
Esp. Maritza Villamizar Roperio	:	Ingeniero de apoyo. Seguridad Vial
Esp. Edna Rodríguez Alemán	:	Ingeniero de apoyo. Seguridad Vial y Glosario
Esp. Pedro Julián Gómez Higuera	:	Ingeniero de apoyo. Tránsito
Esp. Andrés Felipe Guzmán Valderrama	:	Ingeniero de apoyo. Modelos y Planeación del Transporte

AGRADECIMIENTOS

Como soporte técnico para mejorar la normalización y estandarización de procesos de contratación, supervisión y ejecución de estudios y monitoreos al tránsito, relacionados con la planeación, diseño, operación y mantenimiento de proyectos y elementos del tránsito y transporte de la capital del país, la Alcaldía de Bogotá, a través de la Secretaría de Tránsito y Transporte, se comprometió con la actualización del *Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte* versión 1998, que contribuirá al desarrollo organizado, sostenible y armónico de la ciudad y del país, esperando trascender las fronteras y llegar a nuestros países vecinos, por tratarse de un esfuerzo pionero en esta región del mundo.

Cal & Mayor y Asociados, S.C., empresa consultora encargada de la ejecución de este trabajo, manifiesta su profundo agradecimiento a todas las personas y entidades que de una u otra manera contribuyeron positivamente en la actualización del *Manual*, en especial a la Alcaldía de Bogotá, la Secretaría de Tránsito y Transporte, al Instituto de Desarrollo Urbano, el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, Transmilenio, así como a la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Tecnológica y Pedagógica de Colombia en Tunja, la Universidad de los Andes y la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Se agradece muy especialmente al grupo consultor “Consorcio Movilidad Urbana 2004”, constituido por las empresas consultoras presididas por los ingenieros consultores Alfredo Ardila Ariza y Sergio Pabón Lozano, quienes a través de un contrato de toma de datos de campo con la STT, obtuvieron la mayor parte de los datos necesarios para la calibración de parámetros de tránsito, con excepción de la determinación de los límites de los niveles de servicio para vías multicarriles en el contexto urbano y el factor de ajuste para obstrucción de peatones en giro derecho en intersecciones semaforizadas, estudios que realizó directamente la empresa Cal & Mayor y Asociados.

Agradece también a su grupo de profesionales y asesores, con especial mención para el doctor Guido Radelat Egües quien además de su reconocida experiencia en el ámbito mundial e indiscutible calificación profesional y humana, aportó la concepción general del manual anterior. Adicionalmente se da gracias al ingeniero Domingo Ernesto Dueñas por sus aportes, los cuales representan muchos años de investigación en el tema del transporte público y generan un importante soporte técnico y una visión fresca sobre el tema.

Por otro lado, agradecemos la participación en los talleres de divulgación de profesionales, consultores independientes y empresas,

así como también de entidades públicas, ya que sus valiosos aportes, recomendaciones y sugerencias sirvieron para terminar de estructurar y consolidar la primera actualización del *Manual*. Especialmente se agradece la información suministrada por el ingeniero Richard Blanco, del Instituto de Desarrollo Urbano, encargado de proyectos en el área de ciclorrutas, y al licenciado Óscar Ruiz Brochero, jefe de la

oficina de recreación del Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte.

Estas personas, con su dedicación y experiencia, elaboraron una obra de calidad internacional, que será de gran utilidad para el medio latinoamericano y que, sin duda, constituye un orgullo y ejemplo de alta gestión de la administración distrital.

PATRICIO CAL Y MAYOR LEACH
PRESIDENTE

PRESENTACIÓN

La actualización del HCM (*Highway Capacity Manual, Manual de capacidad de autopistas*) en su versión 2000, fue uno de los aspectos fundamentales en el dimensionamiento general de la presente actualización, ya que se constituye en el *Manual* de mayor consolidación teórica y conceptual, así como también en el de mayor utilización en nuestro medio. En este sentido, se recopilan los conceptos y metodologías más importantes, coherentes con los estipulados en el HCM 2000; aunque las condiciones de nuestro medio y entorno son diferentes de las propias del medio en que se desarrollan manuales como el HCM 2000, los conceptos y metodologías son de carácter universal y lo que se requiere principalmente son procesos de adaptación metodológicos y en los parámetros de tránsito. Por tal razón se incluyeron los de mayor relevancia en el funcionamiento del tránsito local y en las nuevas condiciones del sistema de transporte de Bogotá, y por consiguiente algunas adaptaciones metodológicas contenidas en el HCM 2000, especialmente en el tema de calibración de parámetros, glorietas, peatones y ciclorrutas.

Las condiciones del tránsito y el transporte de Bogotá han cambiado en los últimos años debido a las nuevas obras de infraestructura desarrolladas por la administración distrital y también por la modernización del sistema de

transporte público de la ciudad, especialmente con la entrada en operación de Transmilenio, la ejecución e implantación de la reorganización del transporte público colectivo y la construcción de ciclorrutas como elemento vital y futuro del sistema complementario de transporte.

El *Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte* sirve como soporte y referencia para el desarrollo de los contratos de toma de datos que realiza la entidad periódicamente, y en general se convierte en la herramienta local en la planeación, concepción, desarrollo y supervisión de estudios relacionados con el sistema de transporte de la ciudad.

Es importante anotar que la presente actualización se hizo mediante contrato 133 del 2004, suscrito entre la STT y la empresa consultora Cal & Mayor y Asociados.

A continuación se describen los objetivos, el alcance y la estructura del *Manual*.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente *Manual* es fortalecer los procesos de planificación, diseño, ejecución, supervisión de estudios, seguimientos y monitoreos al sistema de transporte urbano, elementos básicos para la planeación y diseño de la administración del tránsito y transporte urbano, aplicados al contexto de

Bogotá, a través de la presentación general y particular de los temas específicos relacionados con los sistemas de transporte.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ♦ Dar a conocer conceptos generales y específicos de la mayor actualidad utilizados en la planeación, diseño, ejecución y supervisión de estudios relacionados con la ingeniería de tránsito y del transporte, como guía para los usuarios potenciales que en una u otra forma deben atender cotidianamente la resolución de problemas en este campo.
- ♦ Brindar lineamientos y aspectos técnicos relacionados con las metodologías, modelos, programas, parámetros y estudios que se deben tener en cuenta en el proceso de planeación del transporte urbano.
- ♦ Dar a conocer los lineamientos y aspectos técnicos relacionados con metodologías para la determinación de la capacidad, calidad y niveles de servicio en sistemas de tránsito y transporte público. Se incluyen también las guías o tutoriales de los programas de mayor utilización, especialmente para el cálculo de la capacidad y niveles de servicio en los elementos de mayor importancia del sistema de transporte, lineamientos generales para el desarrollo de estudios de tránsito y transporte público, entre éstos los estudios de campo necesarios para la determinación y caracterización de la oferta y demanda, al igual que los lineamientos generales para el cálculo de tarifas.
- ♦ Ofrecer los lineamientos y aspectos técnicos relacionados con los conceptos y métodos para la evaluación de la seguridad vial, metodologías para la identificación y estudio de sitios, corredores y sectores peligrosos y medidas para el mejoramiento del sistema de transporte, destacando la descripción de las técnicas de tráfico calmado y cruces pompeyanos, usadas principalmente para mitigar el impacto de la accidentalidad.
- ♦ Calibración de estándares y parámetros de tránsito propios para la ciudad de Bogotá, utilizados fundamentalmente para etapas de planeación del transporte, referentes a los siguientes temas:
 - Estimación de las variables del tránsito para la determinación de la velocidad a flujo libre en vías multicarriles y vías arterias, y los límites de velocidad que definan criterios para los niveles de servicio en vías multicarriles.
 - Estimación de las variables del tránsito para la determinación del flujo de saturación básico y las variables que inciden en la pérdida de eficiencia dada por condiciones como tiempos perdidos por arranque y despeje, por presencia de vehículos pesados, maniobras de estacionamiento, operación de buses y presencia de peatones en giros derechos.
 - Estimación de las variables para la determinación de brechas críticas y tiempo de seguimiento para intersecciones de prioridad reguladas con señales de pare.
 - Estimación de variables del tránsito de peatones, como volúmenes y velocidades, para la determinación de los criterios de niveles de servicio, según el tipo de estructuras o facilidades peatonales como andenes, escaleras, rampas, estaciones y cruces peatonales.
 - Estimación de volúmenes en glorietas para la determinación de las relaciones entre las tasas de flujo máxima por acceso y la tasa de flujo correspondiente al tránsito predominante en la glorieta.

- Estimación de los criterios que determinan los niveles de servicio en este tipo de infraestructura.
- Estimación de flujos de saturación típicos para la ciudad de Bogotá, incluyendo buses articulados.

ALCANCES DEL *MANUAL* Y PROCESO DE ACTUALIZACIÓN

El sistema de transporte urbano en Bogotá se ha transformado con cambios estructurales, siendo relevante que se incluyan en el *Manual* los cambios de mayor importancia en cuanto a la caracterización de la infraestructura actual y proyectada, la normatividad, la problemática, el marco institucional, los dispositivos para su control, autoridad competente, entre otros.

Así mismo se incluyen las últimas técnicas para la realización de los análisis de capacidad y niveles de servicio en cada uno de los elementos de la infraestructura vial, en especial lo relacionado con el cálculo de la capacidad en intersecciones semaforizadas, intersecciones reguladas con señales de pare, intersecciones tipo glorieta, vías multicarriles, accesos peatonales, ciclorrutas y arterias urbanas, con la base fundamental del HCM 2000 e investigaciones y experiencias nacionales e internacionales de los últimos años, entre las que se consideraron, como es natural, las propias del consultor y las desarrolladas durante el proceso de la elaboración del presente *Manual*.

Igualmente, se ha visto la necesidad de realizar la calibración de los parámetros de tránsito y de esta manera actualizar y validar los valores utilizados en el *Manual de planeación y diseño* del año 1998, teniendo en cuenta las nuevas condiciones que ofrece el desarrollo y el crecimiento de la ciudad en la actualidad; por esta razón, parámetros como flujos de saturación, velocidades a flujo libre,

brechas críticas, tiempos de seguimiento, tiempos perdidos en el arranque y despeje, factores de ajuste para vehículos pesados, maniobras de estacionamiento, obstrucción de buses, y pasos peatonales, brechas críticas, tiempo de seguimiento, niveles de servicio para facilidades peatonales, velocidades medias en cruces peatonales, volúmenes en glorietas, volúmenes, velocidades y densidades en ciclorrutas, que resultan afectados con cambios en el comportamiento de los usuarios del sistema de transporte urbano, condiciones socioeconómicas y cambios en la tecnología vehicular y en la infraestructura vial. Variables dinámicas que están sujetas a condiciones de espacio y tiempo que dependen también de las características socioeconómicas, del entorno y del medio ambiente, condiciones diferentes y cambiantes con respecto a las establecidas en 1998, fecha en la que se editó el último manual, y que por este motivo se deben actualizar y analizar tendencias.

Vale la pena anotar que los parámetros establecidos dentro del marco del presente manual se deberán utilizar para fases o etapas de proyectos circunscritos en un proceso de planeación, es decir, para prediseño de intersecciones, arterias, calles y demás elementos de infraestructura, proyectados, los cuales deben tener características similares a los medidos.

Por otra parte, los manuales para estudios de campo de mayor uso en la ingeniería de tránsito y transporte se actualizaron conforme a experiencias e investigaciones recientes en el medio y teniendo en cuenta la racionalización de los estudios donde es aplicable, así como también exigencias de la Secretaría de Tránsito y Transporte. Adicionalmente, se incluyeron instructivos adicionales para complementar las actividades relacionadas con la toma de datos de campo.

Si hay un elemento que ha ido avanzado vertiginosamente en la actualidad es la crea-

ción y adaptación de programas de cómputo usados como herramientas en la modelaciones del tránsito en situaciones actuales y futuras; por esta razón se incorporan en esta versión los tutoriales de algunos de los programas con mayor utilización.

Adicionalmente se incluyen lineamientos para la realización de estudios que estén relacionados con la operación del tránsito y el transporte en la ciudad, al igual que términos de referencia generales, útiles para la planeación, ejecución y supervisión de estudios y proyectos. Se incluye también la descripción de los elementos de infraestructura que la ciudad ha adoptado para la integración del sistema de transporte urbano, como las ciclorrutas y elementos de pacificación de tránsito.

ESTRUCTURA DEL MANUAL

El *Manual* está constituido por:

- Tomo I : Marco conceptual
- Tomo II : Planeación del transporte urbano
- Tomo III : Tránsito
- Tomo IV : Transporte público
- Tomo V : Seguridad vial y medidas de gestión

Los anexos los constituyen los ejemplos de Calibración de parámetros de tránsito y los formatos de campo recomendados por el *Manual*. El glosario de términos especializados utilizados dentro del texto se incorporó como elemento independiente en el tomo V.

A continuación se relacionan los temas que integran cada uno de los tomos que forman parte del *Manual*.

Tomo I. Marco conceptual

El marco conceptual está constituido por los siguientes temas:

- ♦ Presentación del *Manual*

- ♦ Capítulo 1: Planeación del transporte urbano
- ♦ Capítulo 2: Tránsito vehicular
- ♦ Capítulo 3: Transporte público
- ♦ Capítulo 4: Seguridad vial
- ♦ Capítulo 5: Tránsito y transporte en Bogotá
- ♦ Capítulo 6: Técnicas de muestreo

Tomo II: Planeación del transporte urbano

- ♦ Presentación del *Manual*
- ♦ Capítulo 1: Conceptos generales de planeación del transporte urbano
- ♦ Capítulo 2: Programas de la planeación del transporte urbano
- ♦ Capítulo 3: Grandes generadores de viajes
- ♦ Capítulo 4: Estudios de campo para oferta y demanda de transporte
- ♦ Capítulo 5: Términos de referencia generales.
- ♦ Capítulo 6: Parámetros de tránsito, caso Bogotá. Flujo no motorizado.
- ♦ Capítulo 7: Parámetros de tránsito, caso Bogotá. Flujo continuo.
- ♦ Capítulo 8: Parámetros de tránsito, caso Bogotá. Flujo discontinuo.

Tomo III: Tránsito

- ♦ Presentación del *Manual*
- ♦ Capítulo 1: Capacidad y niveles de servicio. Tránsito no motorizado
- ♦ Capítulo 2: Capacidad y niveles de servicio. Flujo continuo
- ♦ Capítulo 3: Capacidad y niveles de servicio. Flujo discontinuo
- ♦ Capítulo 4: Programas en ingeniería de tránsito
- ♦ Capítulo 5: Estudios de campo para el tránsito vehicular
- ♦ Capítulo 6: Estudios de campo para usuarios

Tomo IV: Transporte público

- ♦ Presentación del *Manual*
- ♦ Capítulo 1: Atributos en sistemas de transporte público
- ♦ Capítulo 2: Programas de transporte público
- ♦ Capítulo 3: Lineamientos para la ejecución de estudios de transporte público
- ♦ Capítulo 4: Estudios de campo para la demanda del transporte público
- ♦ Capítulo 5: Estudios de campo para la oferta del transporte público
- ♦ Capítulo 6: Calidad del servicio de transporte público

- ♦ Capítulo 7: Lineamientos para el cálculo de tarifas

Tomo V: Seguridad vial y medidas de gestión

- ♦ Presentación del *Manual*
- ♦ Capítulo 1: Lineamientos para la evaluación de la seguridad vial
- ♦ Capítulo 2: Identificación y estudio de sitios, corredores y sectores peligrosos
- ♦ Capítulo 3: Medidas de mejoramiento del sistema de transporte
- ♦ Capítulo 4: Tráfico calmado
- ♦ Glosario

INTRODUCCIÓN

El presente tomo cobra especial importancia por las modificaciones que en el servicio de transporte público masivo ha tenido la ciudad de Bogotá, particularmente en los últimos cinco años; con la implantación del sistema Transmilenio y sus impactos en el tránsito vehicular, y en los hábitos de movilización de personas. Para este efecto se incorporan las metodologías que permitan hacer estudios de transporte público conducentes a mejorar las condiciones de operación y planeación del sistema.

Se requiere que el conocimiento del sistema de transporte público llegue a un nivel de detalle compatible con las necesidades de la planeación, el diseño de programación, operación, control o monitoreo, mediante una toma de datos que muestre las características básicas y siempre dinámicas de la oferta y la demanda de transporte.

En el ámbito económico, el transporte público se considera también una industria generadora de numerosos empleos directos e indirectos, y la información básica para estudios en este caso consiste en información de empresas, características de las unidades administradas, características de las infraestructuras (oficinas, talleres, garajes), costos de operación, ingresos, rentabilidad, información de ruta, velocidades comercial y de operación, pasajeros movilizados (ascensos y descensos

por períodos característicos) y en general indicadores de eficiencia, calidad y mecanismos de control de las variables que intervienen en este complejo servicio.

La evaluación de la operación de rutas de buses no ha sido una práctica normal y corriente por parte de los operadores en la ciudad, el Manual puede contribuir en un plan de evaluación de las rutas del sistema existente y de monitoreo de las condiciones de operación adoptadas.

La necesidad de descongestionar a terminales de transporte por el conflicto con los servicios intermunicipales, tanto de cercanías como de zonas más apartadas, han llevado a la necesidad de implantar métodos para la definición y localización más conveniente de un sistema de terminales satélites de transporte, para la óptima articulación con las terminales y portales existentes y con los sistemas de transporte masivo y colectivo de la ciudad.

Una parte importante en el desarrollo de estos estudios es determinar la conectividad que se debe tener con los otros sistemas de transporte, como el transporte masivo, el colectivo, el particular y el de taxis o transporte público individual, con lo cual se define el sistema de movilidad que integra de manera jerarquizada e interdependiente los diversos modos de transporte de personas y mercancías, con la infraestructura vial y espacios públicos de la ciudad y el territorio rural.

RESUMEN

El enfoque general del tomo IV, “Transporte público”, va encaminado a generar un conocimiento del funcionamiento y de las variables más relevantes que conforman el sistema de transporte público colectivo y masivo, con el fin de que las decisiones tomadas por las entidades públicas y privadas se generen de acuerdo con las necesidades de la planeación, el diseño de programación, operación, control o monitoreo de un sistema de transporte público.

Atributos, niveles de servicio y capacidad vial del transporte público. Se presentan conceptos y criterios para establecer el nivel de servicio del transporte público colectivo, determinar los atributos relevantes de la calidad del servicio, con base en la percepción que tienen los usuarios del transporte público, la confiabilidad, comodidad, rapidez, accesibilidad, seguridad y economía, los cuales sirven de referencia a los usuarios para evaluar si el sistema de transporte satisface las necesidades que se buscan al utilizar un servicio público.

Adicionalmente, se desarrollan temas del cálculo de las capacidades y niveles de servicio en estaciones de transferencia, paraderos y capacidad en las rutas del sistema de transporte público, que sirven para establecer parámetros de calificación de los sistemas de transporte público.

Programas de transporte público. Se expone el modelo del HCS 2000, que tiene como base el *Manual de Capacidad Americano* en la subrutina del transporte público, y el programa Irene, desarrollado por la Universidad de Chile, que sirve para evaluar la operación de los paraderos; con éstos se pretende introducir a los diferentes actores de la planeación en las herramientas de análisis y modelación de la operación de los buses en las vías urbanas que permitan llegar a una aproximación de la caracterización de una situación existente, y plantear soluciones para mejorar la operación del transporte público.

Lineamientos para la ejecución de estudios de transporte público. Se incluyen los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para el proceso de planeación en el transporte público, describiendo la planeación estratégica y la planeación operativa; adicionalmente se establecen los lineamientos generales necesarios para desarrollar la fase de monitoreo y seguimiento de un sistema de transporte.

Posteriormente se desarrolla la metodología que se va a emplear para el diseño y operación de rutas de transporte, con base en la demanda manifiesta; así mismo, se incluye la metodología para el diseño operacional de una ruta alimentadora de un sistema de transporte masivo.

Se incluyen igualmente los lineamientos generales establecidos por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá para la modificación de una ruta de transporte existente, y el procedimiento general para llevar a cabo una reorganización del transporte público y finalmente se desarrollan los lineamientos generales que se deben considerar en un estudio para establecer terminales satélites en una ciudad.

Estudios de campo para la demanda del transporte público. En este capítulo se presentan los formatos e instrucciones más recomendables en la toma de datos para establecer la demanda del transporte público.

Estudios de campo para la oferta del transporte público. En este capítulo se presentan los formatos e instrucciones que se deben seguir en la toma de datos para establecer la oferta del transporte público.

Calidad del servicio de Transporte Público. Se presentan la metodología y los formatos recomendados para establecer la calidad y nivel de servicio del transporte público colectivo, con base en la percepción que tienen los usuarios de la prestación del servicio.

Lineamientos para el cálculo de tarifas. Se incluye una metodología para establecer la tarifa técnica del transporte público colectivo e individual.

1

Atributos en Sistema de Transporte Público

CONTENIDO

1.1	ATRIBUTOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO	1-5
1.2	CONFIABILIDAD	1-9
1.3	COMODIDAD	1-9
1.3.1	Nivel de servicio	1-10
1.3.2	Capacidad	1-13
1.4	RAPIDEZ	1-20
1.4.1	Nivel de servicio	1-21
1.4.2	Capacidad	1-21
1.4.3	Niveles de servicio del componente tránsito	1-25
1.4.4	Impacto vial en el área de influencia	1-26
1.4.5	Impacto operacional de las estaciones en las intersecciones cercanas	1-27
1.4.6	Efectos de los buses en la capacidad vehicular	1-27
1.4.7	Valores típicos de tiempos de despeje, de servicio	1-29
1.5	ACCESIBILIDAD	1-31
1.5.1	Niveles de servicio en las estaciones	1-33
1.5.2	Capacidad en estaciones de transferencia	1-37
1.5.3	Paraderos	1-37
1.6	SEGURIDAD	1-44
1.7	ECONOMÍA	1-44
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	1-45

FIGURAS

Figura 1.1.	Proceso para determinar la calidad del servicio en el transporte público.	1-6
Figura 1.2.	Relación entre las personas y la capacidad del vehículo.	1-11
Figura 1.3.	Impacto de la implementación de carriles exclusivos.	1-27
Figura 1.4.	Efecto de alternar paraderos.	1-27
Figura 1.5.	Ejemplo de ubicación de estación cerca de una intersección semaforizada.	1-28
Figura 1.6.	Usuarios potenciales en función del tiempo de acceso.	1-32
Figura 1.7a.	Zona de espera de una estación de Transmilenio.	1-36
Figura 1.7b.	Estación con volumen peatonal sin circulación.	1-36
Figura 1.7c.	Estación con ingreso y salida de peatones de la estación	1-36
Figura 1.8.	Estación tipo 1.	1-39
Figura 1.9.	Estación tipo 2.	1-40
Figura 1.10.	Estación tipo 3.	1-40
Figura 1.11.	Estación tipo 4.	1-40

TABLAS

Tabla 1.1.	Atributos que miden la calidad del servicio en el transporte público.	1-7
Tabla 1.2.	Escala gráfica para realizar la calificación.	1-8
Tabla 1.3.	Calificación de cada uno de los atributos.	1-9
Tabla 1.4.	Indicadores de confiabilidad.	1-10
Tabla 1.5.	Indicadores de comodidad, densidad de ocupación y tiempo de viaje.	1-10
Tabla 1.6.	Ocupación y niveles de servicio de los buses de transporte público.	1-11
Tabla 1.7.	Nivel de servicio con base en la ocupación vehicular.	1-12
Tabla 1.8.	Niveles de servicio según ocupación vehicular.	1-13
Tabla 1.9.	Capacidad de las vías exclusivas para buses, en el centro de las ciudades.	1-15
Tabla 1.10.	Niveles de servicio de carriles exclusivos.	1-17
Tabla 1.11.	Volúmenes de servicio recomendados para el flujo de buses, en el caso de aplicaciones de planeación.	1-18
Tabla 1.12.	Volúmenes de servicio de pasajeros recomendados para las aplicaciones de planeación.	1-19
Tabla 1.13.	Carga de pasajeros por troncal y sentido.	1-20
Tabla 1.14.	Indicadores de rapidez por transbordos.	1-20
Tabla 1.15.	Nivel de servicio con base en el tiempo de paradero.	1-21
Tabla 1.16.	Capacidades máximas estimadas en las paradas de buses, en buses por hora.	1-24
Tabla 1.17.	Capacidad estimada de las paradas de bus en el carril de circulación en función del número de bahías de ascenso (buses por hora).	1-24
Tabla 1.18.	Niveles de servicio para intersecciones semaforizadas.	1-25
Tabla 1.19.	Niveles de servicio para intersecciones de prioridad.	1-26
Tabla 1.20.	Impactos producidos por la implementación del transporte público.	1-26
Tabla 1.21.	Tiempos de ascenso y descenso de pasajeros, en función de las condiciones del servicio.	1-29
Tabla 1.22.	Tiempos de servicio típicos de ascenso y descenso de pasajeros en determinados tipos de buses y configuraciones de puertas.	1-30
Tabla 1.23.	Indicadores de accesibilidad locacional.	1-31
Tabla 1.24.	Indicadores de accesibilidad temporal.	1-31
Tabla 1.25.	Indicadores de desplazamiento, densidad de ocupación y tiempo de viaje.	1-33
Tabla 1.26.	Capacidades prácticas de paraderos.	1-43
Tabla 1.27.	Eficiencia de las bahías de ascenso múltiples longitudinales para buses.	1-43
Tabla 1.28.	Nivel de servicio con base en la relación gastos/ingresos.	1-45

La calidad del servicio percibida por los usuarios se encuentra evaluada por indicadores cuantitativos y cualitativos como velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobras, comodidad, seguridad, conveniencia y seguridad, entre otros. En el transporte público el aspecto de seguridad es básico. La condición fundamental para operar un sistema de transporte público es garantizar la vida y la propiedad, seguida de la eficiencia, además de prestar un servicio suficiente con un número adecuado de vehículos de acuerdo con la demanda.

En este capítulo se plantean los lineamientos para establecer la calidad y nivel de servicio del transporte público colectivo, encaminada a determinar los atributos relevantes de la calidad del servicio, establecer las características de las variables que inciden en dichos atributos, y la escala para medir la calidad del servicio, con base en la percepción que tienen los usuarios del transporte público.

Se establecen y caracterizan los atributos que permiten calificar el funcionamiento de un sistema de transporte, como la confiabilidad, comodidad, rapidez, accesibilidad, seguridad y economía, los cuales sirven de referencia a los usuarios para evaluar si el sistema de transporte satisface las necesidades que buscan al utilizar un servicio público.

1.1 ATRIBUTOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Estudios recientes establecen que los niveles de exigencia de parte de los usuarios hacia la calidad del servicio de transporte público son cada vez mayores.

La calidad se representa en las ventajas que ofrece un nuevo producto o servicio ante los usuarios y ésta se refleja en la prestación del servicio, por lo que se debe tener especial cuidado en definir claramente estos dos puntos al prestar un servicio de transporte.

Tanto el usuario como el operador no tienen la misma percepción de la calidad del servicio ofrecido, pues mientras que para el usuario ésta se mide por el mejor servicio, rapidez, puntualidad, comodidad y seguridad, para el operador la calidad se percibe con base en la cobertura y costo del servicio, aspectos físicos y modalidades técnicas.

Una vez definidos los parámetros que los usuarios tienen para establecer la calidad de un servicio, se debe realizar una investigación más detallada acerca de la percepción que tienen del funcionamiento de un sistema de transporte, para posteriormente planear estrategias encaminadas a suplir estas necesidades establecidas por los usuarios.

Los brasileños han investigado sobre la percepción que tienen los usuarios respecto a

la prestación del servicio del transporte público colectivo. En Colombia, el ingeniero Domingo Dueñas, docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja, desarrolló una metodología encaminada a establecer los niveles de calidad en la prestación del servicio en el transporte público. Aunque la metodología se orienta hacia ciudades pequeñas e intermedias colombianas, se considera que su enfoque conceptual se puede adaptar a cualquier tipo de ciudades del ámbito latinoamericano, teniendo en cuenta que se deben estimar los parámetros propios para cada una de las condiciones locales.

Los indicadores de calidad del servicio de un sistema miden la forma como determinados atributos satisfacen los deseos de los usuarios que demandan el servicio, en tanto que el nivel de servicio es el indicador que mide dicha calidad a través de las variables que influyen en ella.

En la figura 1.1 se muestra el proceso a seguir para establecer la calidad del servicio en transporte público.

Se deben establecer algunas técnicas que permitan medir la percepción de los usuarios sobre la calidad del servicio –entre ellas se tienen inicialmente las observaciones–, en donde se busca realizar una percepción preliminar de los factores que interactúan en un sistema de transporte desde los usuarios y operadores, como la infraestructura utilizada para la prestación del servicio. Otra técnica usada es la entrevista personalizada, en donde de manera particular se realiza un sondeo de la per-

cepción de la calidad en la prestación de un servicio. La entrevista en grupo se usa cuando la población evaluada puede aportar diferentes puntos de vista que pueden llegar a ser útiles a la hora de definir los parámetros que se toman en cuenta en la evaluación de la calidad de un servicio. Finalmente se tienen las encuestas, que se realizan a grupos poblacionales específicos que representan a los usuarios de un sistema de transporte y que permiten determinar la evaluación de la calidad de la prestación de un servicio.

Inicialmente en la metodología propuesta se plantea la utilización de la técnica de la observación, en donde se establecen las características de cada uno de los siguientes componentes:

- ♦ Sistema de transporte.
- ♦ Ciudad.
- ♦ Usuario.

Con la anterior información se busca determinar un reconocimiento previo de los aspectos de la calidad del servicio y sus posibles causas. Para el desarrollo de este proceso se recomienda realizar la observación con la orientación de psicólogos o sociólogos, los cuales deberán evaluar a los usuarios, conductores, paraderos, vehículos, el servicio, y la autoridad encargada de regular el tránsito. La observación está encaminada a establecer los aspectos más relevantes de cada uno de los componentes del sistema:

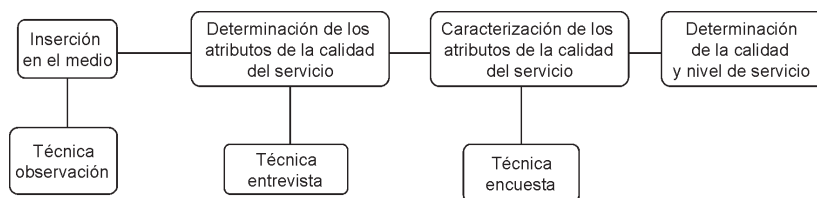


Figura 1.1.
Proceso para determinar la calidad del servicio en el transporte público.

Fuente: Transporte público colectivo urbano. Domingo Dueñas, 2001.

- ♦ **Paraderos.** Señalización, demarcación, amplitud, demoras, entre otros.
- ♦ **Vehículos.** Estado exterior (limpieza, apariencia, entre otros), estado interior (altura, escalones, ancho de puertas, sillas, ventilación, ventanas, pasillos, entre otros).
- ♦ **Servicio.** Frecuencias, intervalos, ocupación, demoras, entre otros.
- ♦ **Conductor.** Presentación personal, trato al usuario, forma de conducir.
- ♦ **Autoridad reguladora de tránsito.** Presentación personal, comportamiento.
- ♦ **Usuario.** Género, edad, comportamiento.

Con base en la información recopilada de la observación, se tiene un conocimiento pre-

liminar del sistema de transporte y de las actitudes y comportamientos de los principales actores del sistema.

Posteriormente, mediante la técnica de la entrevista, se pretende establecer cuáles son los atributos más relevantes de la calidad del servicio por parte de los usuarios, mediante la obtención de opiniones, conceptos, ideas y críticas acerca de la percepción, concepción e interpretación de la calidad del servicio de transporte de buses. Una vez obtenida la información se procede a jerarquizar los principales atributos definidos por los usuarios, en lo que se refiere a una óptima y deseable calidad del servicio.

En la tabla 1.1 se muestran algunos de los atributos que se pueden evaluar en la entrevista a los usuarios.

Tabla 1.1.
Atributos que miden la calidad del servicio en el transporte público.

Fuente:
Transporte público colectivo urbano.
Domingo Dueñas,
2001.

Atributo	Características
Confiabilidad	Frecuencia, horarios, número de rutas, horarios de operación, informaciones disponibles.
Comodidad	Comportamiento del conductor, grado de ocupación del vehículo, limpieza del vehículo, formas y tipos de asientos, protección en las paradas.
Rapidez	Variación en la duración del viaje, velocidad de operación, existencia de transferencias, tiempos de caminata, tiempos de espera en paraderos y terminales.
Accesibilidad	Cobertura, accesibilidad en el paradero y en la terminal.
Seguridad	Durante el viaje.
Economía	Costo unitario del viaje y tarifa.

Una vez definidos los atributos más relevantes, se deben establecer los aspectos que caracterizan y permiten diferenciar y determinar las magnitudes de cada uno de ellos. La caracterización se puede hacer mediante la técnica de la encuesta, en donde se busca determinar las variables que inciden en cada atributo o realizando una entrevista a los usuarios, para evaluar cada uno de los atributos por separado, estableciendo así las características de cada uno de ellos.

Si se opta por la caracterización de manera particular de cada uno de los atributos,

se debe seguir el procedimiento de la entrevista anteriormente comentado.

A continuación se resume la técnica de la encuesta, con la cual se busca recolectar información acerca de la calidad del servicio y luego, mediante un análisis cuantitativo, se establecen conclusiones que se ajusten a los datos recolectados que y se puedan generalizar a toda la población. La encuesta se debe realizar con base en los parámetros obtenidos de la entrevista efectuada previamente.

Ahora bien, con la información recolectada de las observaciones, entrevistas y en-

cuestas, se obtienen los parámetros de evaluación de la calidad y niveles de servicio del transporte público colectivo de la siguiente manera:

- En primera instancia, de las observaciones se establecen las deficiencias y posibles causas de la calidad del servicio, mientras que de las entrevistas se obtienen los atributos relevantes del servicio, jerarquizándolos y ponderándolos de acuerdo con la opinión de los usuarios.
- En segunda instancia, según los atributos se establecen las escalas para medir la calidad del servicio.
- Finalmente, se califica la calidad del servicio.

La calidad del servicio se determina con base en las deficiencias del sistema, y sus posibles causas se obtienen de acuerdo con las observaciones realizadas en el entorno; entre ellas se pueden establecer deficiencias en la red vial, en los equipos, en la forma de prestación del servicio, en el comportamiento del operador y del usuario y en las acciones del ente gubernamental. Las escalas del nivel de servicio se determinan con base en los resultados obtenidos de diferentes parámetros evaluados en las encuestas.

Para obtener las escalas que sirvan para medir la calidad del servicio se utilizan los datos obtenidos de las encuestas. Algunos de las escalas de los niveles de servicio que se pue-

den medir tienen que ver con la ocupación vehicular, tiempos de viaje o la relación entre el costo y el ingreso, entre otras.

A continuación se ilustran, a manera de ejemplo, los resultados obtenidos de las escalas de los niveles de servicio para algunos atributos en el estudio de calidad y niveles de servicio para el transporte público colectivo en la ciudad de Tunja, con el fin de poder tener una mejor claridad en el procesamiento y calificación de los atributos.

De acuerdo con las observaciones, entrevistas y encuestas realizados a los usuarios del transporte en la ciudad de Tunja, se establecieron los atributos de comodidad, rapidez, seguridad y costo de transporte como los más relevantes.

Como etapa final de la metodología se establecen los parámetros para determinar la calificación de la calidad del servicio, en donde se tienen en cuenta los resultados obtenidos para cada uno de los atributos evaluados. Al procesar los datos de la encuesta y haciendo los correspondientes traslados de escala cualitativa a cuantitativa, se obtiene el valor promedio de la calificación para cada una de las variables en evaluación, que al ser ubicadas en el rango de calificaciones permiten establecer la calidad del servicio según el usuario.

Se recomienda utilizar una escala gráfica para definir si la variable es adecuada o inadecuada, buena o pésima, o según el criterio del evaluador; luego se le asigna una calificación de 1 a 5. En la tabla 1.2 se muestra un ejemplo de una escala gráfica:

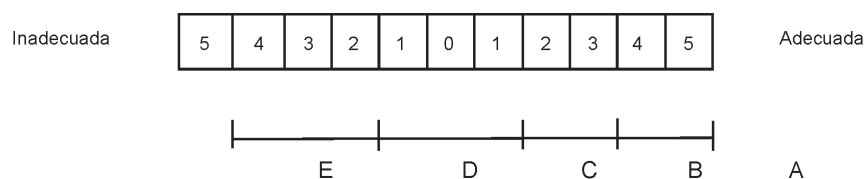


Tabla 1.2.
Escala gráfica para realizar la calificación.
Fuente:
Transporte público colectivo urbano.
Domingo Dueñas, 2001.

Ahora se debe trasladar la escala cualitativa a cuantitativa, para obtener el promedio de calificación para cada una de las variables en evaluación, que al ser ubicado en el rango de calificaciones permita determinar la calidad del servicio.

Posteriormente se trasladan los resultados obtenidos a una tabla que permita calificar cada una de las variables. En la tabla 1.3 se muestra un ejemplo de la calificación que se puede obtener de un atributo.

Tabla 1.3.
Calificación de
cada uno de los
atributos.

Calidad del servicio	Escala cualitativa	Escala cuantitativa	Rango para calificación
Excelente	A	5	> 4,5
Bueno	B	4	3,5 - 4,5
Regular	C	3	2,5 - 3,4
Malo	D	2	1,5 - 2,4
Pésimo	E	1	0,5 - 1,4
Inaceptable	F	-	< 0,5

Fuente:
Transporte público
colectivo urbano.
Domingo Dueñas,
2001.

Una vez determinados la calidad del servicio existente y los niveles de servicio percibidos por el usuario, se integra el proceso a la planeación participativa, siendo esenciales el diagnóstico de la situación actual y la formulación de acciones conducentes al mejoramiento de la prestación del servicio del transporte público colectivo.

El usuario utiliza el sistema de transporte por una necesidad de desplazamiento, para cumplir un objetivo específico, por algún motivo y en el medio de transporte que más le convenga. La atención que el transporte público proporciona a los usuarios se caracteriza como un indicador de las cualidades de servicios ofrecidos, para lo cual el usuario califica y pondera los atributos del sistema de transporte. A continuación se describen los atributos de mayor importancia, que caracterizan la operación de un sistema de transporte y permiten, evaluar un sistema. Igualmente se inclu-

yen los parámetros generales que se deben tener en cuenta para calcular la capacidad y el nivel de servicio, de acuerdo con el atributo que se esté evaluando.

1.2 CONFIABILIDAD

Este atributo está relacionado con la exactitud en el cumplimiento de la programación establecida para un servicio, el mantenimiento de itinerarios prefijados, la información de usuarios y la regularidad relacionada con la cantidad de vehículos por hora.

Para el usuario es importante el desfase entre el tiempo total programado y el tiempo total verificado en el desplazamiento de un punto a otro, tiempo que incluye el tiempo de espera en el punto de ascenso y tiempo en el interior del vehículo, siendo los atrasos una espera más importante cuanto menor sea la frecuencia del servicio.

Según el manual brasileño del ETBU (1988), se considera aceptable una situación de desfase menor de un minuto para los adelantamientos e inferiores a tres minutos para los atrasos; adicionalmente, existe un incremento de los porcentajes cuando el intervalo aumenta, de tal manera que es más importante la puntualidad cuando el servicio es menos frecuente.

En la tabla 1.4 se muestran los indicadores en forma porcentual de la confiabilidad en el transporte público, en razón de la puntualidad de los viajes.

1.3 COMODIDAD

Dentro del atributo de comodidad se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ♦ Posibilidad de viajar sentado
- ♦ Temperatura interna
- ♦ Ventilación
- ♦ Ruido

- ♦ Aceleración/desaceleración
- ♦ Ancho puertas
- ♦ Altura libre
- ♦ Disposición y material de los asientos

Calidad del servicio	Intervalo de la ruta			
	< 8 minutos	9 a 12 minutos	13 a 20 minutos	> 21 minutos
Excelente	85-100	90-100	95-100	98-100
Óptimo	75-84	80-89	90-94	95-98
Bueno	66-74	70-79	80-89	90-94
Regular	55-65	60-69	65-79	75-89
Malo	50-54	50-59	50-64	50-74
Pésimo	< 50	< 50	< 50	< 50

Tabla 1.4.
Indicadores de confiabilidad.

Fuente:
EBTU Gerencia do
Sistema de Transporte
Público de
Passageiros (STPP).
Módulo de elementos
intervinientes, 1988.

El grado de satisfacción tiene que ver con la longitud del viaje, ya que para viajes cortos no interesa si se va de pie y la comodidad está relacionada con el tiempo de desplazamiento.

Adicionalmente se presentan algunos aspectos fisiológicos que afectan la comodidad dentro del vehículo, como el ruido, ventilación y temperatura. En cuanto a la dinámica del ve-

hículo se tienen la vibración, aceleración y desaceleración, tanto longitudinal como transversal.

Finalmente se deben tener en cuenta algunos aspectos psicológicos, como la claustrofobia, vértigo, angustia y mareo, entre otros.

En la tabla 1.5 se observan los indicadores a considerar para evaluar la comodidad en un transporte público.

Calidad del servicio	Densidad ocupación (pasajeros/m ²)	Duración mínima de viaje (min)
Excelente	Todos sentados	-
Óptimo	0 - 1,5	< 90
Bueno	1,5 - 3	< 60
Regular	3 - 4,5	< 40
Malo	4,5 - 6	< 10
Pésimo	> 6	< 2

Tabla 1.5.
Indicadores de comodidad, densidad de ocupación y tiempo de viaje.

Fuente:
EBTU Gerencia do
Sistema de Transporte
Público de Passageiros
(STPP). Módulo de
elementos
intervinientes, 1988.

1.3.1 Nivel de servicio

Para los sistemas de transporte público el nivel de servicio incluye la valoración de factores como el confort, la velocidad, la confiabilidad, así como la incorporación al sistema de las principales zonas residenciales y de actividad laboral.

Los horarios cómodos, la velocidad y el servicio frecuente, rápido y confiable contribuyen a mejorar el nivel de servicio. La velocidad es afectada por aspectos como el número de pasajeros que utilizan la línea, la frecuencia de paradas, los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros, las interferencias de tránsito y la sección transversal.

En los sistemas de transporte público se tiene una condición bidimensional entre el nivel de servicio y la capacidad generada. Desde esta perspectiva son importantes el número de pasajeros por vehículo y el número de vehículos por hora. En la figura 1.2 se ilustra esta condición. El exceso de oferta (es decir, muchos vehículos y pocos pasajeros) representa un nivel de servicio deficiente.

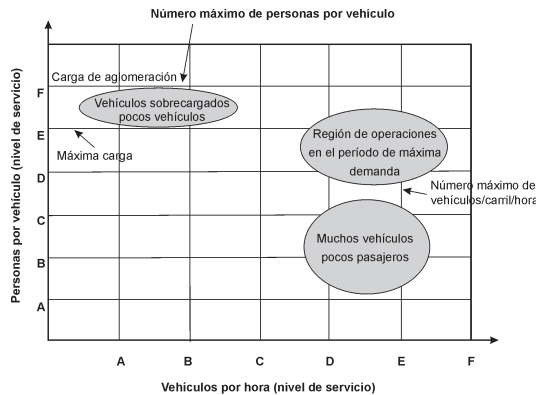
En la tabla 1.6 se recomiendan los niveles de servicio para los buses urbanos. El nivel de servicio D, en el que se permiten hasta dos

personas por asiento y un área mínima de 0,46 m² por persona, proporciona un equilibrio razonable entre la economía de operación y el confort del pasajero. Este criterio es congruente con la utilización de 0,50 m² por persona, valor que representa una medida realista de la capacidad de pasajeros de las líneas rápidas de transporte público.

El nivel de servicio E corresponde al límite superior para efectos de programación y está ubicado normalmente entre 65 y 75% de las cargas de aglomeración.

El nivel de servicio F define las condiciones de capacidad de aglomeración, en las que los pasajeros están sujetos a una incomodidad irrazonable. Aunque este nivel representa la capacidad teórica ofrecida, ésta no se puede sostener en todos los vehículos durante un período dado, ya que excede el valor de la capacidad máxima y de la capacidad máxima “utilizada”. Por tanto, no se debe emplear el nivel de servicio F en los cálculos de capacidad.

Figura 1.2.
Relación entre las personas y la capacidad del vehículo.



Fuente:
Highway Capacity Manual, cap. 14,
Washington, D.C.,
E.U., 2000.

Tabla 1.6.
Ocupación y niveles de servicio de los buses de transporte público.

Fuente:
Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, cap. 27,
Washington, D.C.,
E.U., 2000, p. 6.

Nivel de servicio en la hora de máxima demanda	m ² / pasajero (aprox.)	Pasajeros / asiento (aprox.)
A	>1,20	0,00 a 0,50
B	0,80 a 1,20	0,51 a 0,75
C	0,60 a 0,79	0,76 a 1,00
D	0,50 a 0,59	1,01 a 2,00
E (carga máxima programada)	0,40 a 0,49	2,01 a 3,00
F (carga de aglomeración)	< 0,40	> 3,00

Los criterios de carga bruta de pasajeros proporcionan una aproximación razonable de los niveles de servicio de los pasajeros, pero como estos criterios de carga no corresponden a los criterios específicos de espacio, es aconsejable usar procedimientos más refinados.

La capacidad precisa de pasajeros de un vehículo de transporte público se puede estimar por medio de la siguiente relación:

$$S_i = s_n + \frac{A_n}{L_i} \quad 1.1$$

en donde:

S_i = pasajero/vehículo o espacios para pasajeros/vehículo, para el nivel de servicio i .

s_n = asientos por vehículo.

A_n = área neta para los pasajeros de pie.

L_i = área neta por pasajero de pie para el nivel de servicio i , m^2 /pasajero de pie.

L_i deberá ser igual a 0,24 para cargas máximas programadas (nivel de servicio E) y 0,19 para condiciones de carga de aglomeración.

Nivel de servicio según la percepción del usuario

Se establece de acuerdo con los resultados del atributo de comodidad, que tiene como referencia el número de pasajeros por vehículo

asociado a un nivel de servicio (por ejemplo): A, B, C, D, E y F, asociado a un número determinado de pasajeros cómodos en el vehículo); se deben organizar y clasificar las respuestas de acuerdo con lo obtenido de las encuestas y se aplica el percentil 85 para obtener el límite en cada uno de los niveles de servicio. Se considera para este caso que el nivel de servicio E corresponde a la capacidad nominal del vehículo evaluado. Posteriormente se calcula el índice de ocupación de cada uno de los niveles de servicio con base en el resultado obtenido de ocupación en el nivel de servicio E, además de que se puede establecer la densidad de ocupación en pasajeros/ m^2 como la relación entre la ocupación y el área neta del vehículo.

A continuación se muestra el resultado obtenido con base en el anterior análisis. Inicialmente, en la tabla 1.7, se observa el resultado de los niveles de servicio para un tipo de vehículo.

Nivel de servicio	Calidad del servicio	Pasajeros sentados	Pasajeros de pie	Ocupación	Índice de ocupación	Densidad pasajeros/ m^2
A	Excelente	15		15	0,38	30% sillas libres
B	Bueno	24		24	0,56	100% sentados
C	Regular	24	4	28	0,71	0,0 - 2,0
D	Malo	24	9	33	0,85	2,0 - 4,0
E	Pésimo	24	15	39	1,00	4,0 - 6,0
F	Inaceptable	24	>15	>39	-	6,0 - 7,1

Tabla 1.7.

Nivel de servicio con base en la ocupación vehicular.

Fuente: Cálculos obtenidos de la aplicación del método en la ciudad de Tunja para el tipo de vehículo buseta.

Nivel de servicio según la capacidad de la unidad

La clasificación de los niveles de ocupación para el transporte público se centra en los criterios establecidos para estimar el número promedio de pasajeros por tipo de vehículo de servicio público colectivo, en función de los diferentes niveles de ocupación, los cuales se relacionan a continuación.

- Nivel de ocupación A: *Casi vacío*. Cuando la cuarta parte de las sillas se encuentra ocupada.
- Nivel de ocupación B: *Semivacío*. Cuando la mitad del número de sillas está ocupada.
- Nivel de ocupación C: *Ocupación total*. Cuando todas las sillas se encuentran ocupadas.
- Nivel de ocupación D: *Algunos pasajeros de pie*. Cuando la mitad del pasillo se encuentra ocupada.
- Nivel de ocupación E: *Lleno*. Cuando todos los asientos y pasillos del vehículo están ocupados.
- Nivel de ocupación F: *Saturado*. Cuando el bus lleva sobrecupo.

Adicionalmente, la Secretaría de Tránsito plantea para la siguiente clasificación del parque automotor que presta el servicio de

transporte público en Bogotá, los núcleos de servicio que se ilustran en la tabla 1.8.

Tabla 1.8.
Niveles de servicio según ocupación vehicular.

Fuente: Adaptado de información suministrada por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, Subsecretaría Técnica.

Nombre	Nomenclatura	A	B	C	D	E	F
Bus alimentador	BA	10	19	39	63	87	>87
Busetón	BN	7	14	29	37	45	>45
Bus ejecutivo	BE	10	20	40	50	60	>60
Bus corriente corto	BCC	9	18	36	48	60	>60
Bus corriente largo	BCL	11	21	43	56	70	>70
Buseta	BT	7	14	29	34	39	>39
Colectivo grande	CG	4	9	19	23	26	>26
Colectivo pequeño	CP	3	6	12	13	15	>15
Transmilenio	TM	12	24	48	99	150	>150

1.3.2 Capacidad

Capacidad de una ruta de buses (pasajeros) con flujo continuo

La capacidad de un sistema de accesos a una terminal de buses, de una calle exclusiva para buses en el centro de una ciudad o de un carril exclusivo para buses, es función del valor que resulte menor entre:

- El número de pasajeros que ascienden o descienden en la parada de mayor demanda.
- El número de pasajeros transportados más allá del punto de carga máxima (entre paradas).

Para el análisis de la capacidad, cuando se especifican los volúmenes de buses y de pasajeros que circulan por el tramo estudiado y cuando se necesita estimar el número requerido de bahías de ascenso, se deben considerar los siguientes factores:

- La demanda en el punto de carga máxima para establecer las necesidades de frecuencia de buses en el corredor.
- La frecuencia de servicio de los buses y los volúmenes de ascenso para estable-

cer el intervalo mínimo entre buses por bahía de ascenso (en el caso de la planeación de un sistema de transporte público, en que no se dispone de recuentos sobre los volúmenes de ascenso de pasajeros, el porcentaje estimado de pasajeros que suben al bus en la parada de mayor demanda es un parámetro clave en los cálculos de la capacidad total de pasajeros).

- La frecuencia máxima de los buses por bahía de ascenso depende de este intervalo vehicular mínimo.
- Las necesidades de bahías de ascenso se calculan a partir de la frecuencia de buses requerida en el punto de carga máxima y de la frecuencia máxima de los buses, que se pueden proporcionar en la bahía de mayor demanda.

La capacidad de una ruta de buses en el punto de carga máxima se puede calcular por medio de la ecuación siguiente:

$$P = (f) (S) \quad 1.2$$

en donde:

P = capacidad de la ruta de buses más allá del punto de carga máxima, en pasajeros por hora.

f = frecuencia de buses más allá del punto de carga máxima, durante la hora de máxima demanda, en buses por hora.
 s = pasajeros por bus.

Normalmente, P se calcula para los valores de f y s correspondientes a los 15 min de máxima demanda; el valor de P se reduce por medio de un FHMD (factor horario de máxima demanda) para estimar la capacidad total en la hora de máxima demanda.

El número de pasajeros P en el punto de carga máxima (volumen máximo de servicio) puede estimarse de la manera siguiente:

En función del número de pasajeros por bus que suben en la parada de mayor demanda:

$$P = \frac{3.600 F_R N_b S}{bB + t_c} = \frac{3.000 N_b S}{bB + t_c} \quad 1.3$$

En función de la proporción, con respecto al número total de pasajeros, de los usuarios que suben a los buses en la parada de mayor demanda. Esta proporción, X , es igual a B/S .

$$P = \frac{3.600 N_b F_R}{Xb + t_c/S} = \frac{3.000 N_b}{Xb + t_c/S} \quad 1.4$$

En función de la capacidad de pasajeros por bahía de ascenso:

$$P = \frac{N_b Q}{X} = (f)(s) \quad 1.5$$

El número de bahías de ascenso efectivas en la parada de mayor demanda, N_b , para dar servicio a P pasajeros por hora, es:

$$N_b = \frac{P \left(Xb + \frac{t_c}{S} \right)}{3.600 F_R} = \left(\frac{P}{R} \right) \frac{b \times S + t_c}{3.600 F_R} = \frac{b \times S + t_c}{3.000} \quad 1.6$$

en donde:

N_b = número de bahías de ascenso efectivas.

s = pasajeros por bus.
 b = tiempo de servicio de ascenso, en segundos por pasajero.
 B = número de pasajeros que ascienden por bus, durante los quince minutos de máxima demanda.
 t_c = tiempo de despeje por bus, s.
 X = proporción, con respecto al número total de pasajeros, de los usuarios que suben a los buses en la parada de mayor demanda.
 Q = número máximo de pasajeros por bahía de ascenso por hora.
 f = frecuencia de buses más allá del punto de carga máxima durante la hora de máxima demanda, en buses por hora.
 P = capacidad de la ruta de buses más allá del punto de carga máxima, en pasajeros por hora.
 F_R = factor de reducción para compensar las variaciones en el tiempo de ascenso y descenso y en las llegadas (se debe anotar que F_R es igual a 0,833).

En estas ecuaciones se indica que el número de bahías de ascenso requeridas en la parada de mayor demanda o en una terminal de buses varía directamente con el número total de pasajeros a los que se da servicio en esa parada, los tiempos de ascenso y descenso requeridos por pasajero y los tiempos de despeje entre buses.

En vías exclusivas para buses en el centro de una ciudad, la capacidad está en función del tipo de bus utilizado, la carga máxima permisible del bus, la distribución de los pasajeros en las paradas de la zona central de la ciudad analizada, el factor de hora de máxima demanda y el tipo de bahía de ascenso.

Adicionalmente se asume un intervalo de despeje entre buses de 10 s; reducción mediante un factor de ajuste de 0,75 para considerar la “turbulencia”, irregularidades en los horarios y situaciones similares, calculado con base

en una relación $g/c = 1$; se supone que el 60% de los pasajeros suben a los buses en la parada de mayor demanda; se suponen tres bahías de acceso efectivas; ajuste mediante un factor de hora de máxima demanda de 0,67; 50% de los pasajeros abordan la estación del centro de la ciudad, 40 asientos para el bus convencional y 60 para el articulado y que no tenga puestos adicionales a los estipulados por la ley. En la tabla 1.9 se pueden ver los valores típicos de capacidad utilizados para las vías exclusivas en el centro o fuera de la ciudad.

Los cuatro factores básicos que determinan la máxima capacidad de pasajeros son:

- El máximo número de vehículos de transporte público.
- La capacidad de pasajeros de los vehículos de transporte público.
- El tiempo correspondiente al espaciamiento mínimo entre los vehículos individuales.
- El número de carriles de movimiento o bahías de ascenso en paraderos.

La capacidad de una línea de transporte público puede variar a lo largo de la ruta por efecto de restricciones en los sitios siguientes: entre paradas, en las paradas o estaciones, en intersecciones importantes a nivel y en las terminales.

En muchos casos, la restricción crítica corresponde a la capacidad de la estación y no a la capacidad de la vía.

Tabla 1.9.
Capacidad de las vías exclusivas para buses, en el centro de las ciudades.

Estación en: Centro de la ciudad (CC) Fuera de la ciudad (FC)	Condiciones de carga							
	A		B		C		D	
	CC	FC	CC	FC	CC	FC	CC	FC
Pasajeros que suben en la parada de mayor demanda								
Número de pas. por bus	20	20	20	20	20	20	30	30
Tiempo de ascenso por pasajeros, seg	2	2	1,2	1,2	0,7	0,7	0,5	0,5
Tiempo total de ascenso, seg	40	40	24	24	14	14	15	15
Utilización de la bahía de ascenso, en buses por hora								
Núm. máx. de buses por hora por bahía de ascenso	42	42	65	65	100	100	95	95
Área efectiva de las bahías de ascenso	2,45	2,6	2,45	2,6	2,45	2,6	2,45	2,6
Capacidad de la estación (bus/h)	103	109	159	169	245	260	233	247
Volúmenes de pasajeros por hora - punto de carga máxima								
Máximo (volumen de los 15 min de máx. demanda)	4120	4360	6360	6760	9800	10400	13980	14820
Promedio (hora de máxima demanda)	2760	2920	4260	4530	6570	6970	9370	9930

Fuente:

Transportation
Research Board,
Highway
Capacity Manual,
cap. 14, E.U.,
2000, p. 14.

Nota: Condición de carga A: bus convencional de puerta sencilla, ascenso y descenso simultáneos.
Condición de carga B: bus convencional de dos puertas, ascenso por ambas puertas; en el caso de puertas dobles, se permite el ascenso y descenso simultáneos.
Condición de carga C: bus convencional de cuatro puertas; en todas las puertas dobles se permite el ascenso de pasajeros.
Condición de carga D: bus articulado de seis puertas, ascenso de pasajeros en todas las puertas.

A continuación se describen los parámetros que se deben tener en cuenta para la utilización de la anterior tabla.

El número de pasajeros por bus depende de varios factores:

- ♦ Del tamaño de los vehículos (aproximadamente 50 asientos/bus normal hasta 60 asientos/bus articulado).
- ♦ De las políticas de operación con respecto al número de pasajeros parados.
- ♦ Para proporcionar un nivel aceptable de confort en los buses rápidos suburbanos, con distancias mínimas entre paradas de 4 a 8 km, el factor de carga de pasajeros durante el período de máxima demanda de 15 min no deberá ser mayor de 1,00 –es decir, deberá haber un asiento disponible para todos los pasajeros–. Se aceptan factores de carga más elevados en los servicios locales de bus.

Otras consideraciones

- ♦ Para la distribución de los pasajeros en las paradas del centro de una ciudad se puede considerar que se le proporciona servicio al 50% del volumen de pasajeros del punto máximo de carga en la parada de mayor demanda, dentro de la zona central de la ciudad analizada.
- ♦ Se consideran razonables los factores de máxima demanda de 0,67 a 0,75, dependiendo de la ubicación y del tipo de operación.
- ♦ Tiempo de despeje entre buses se considera de 15 seg.
- ♦ En cuanto a las bahías de ascenso, se recomienda que existan tres en la parada de mayor demanda y que las zonas de ascenso y descenso estén separadas.

En calles con operación de buses se considera que la condición de operación más co-

mún de los servicios de bus se presenta a lo largo de las calles del centro y de las arterias viales de una ciudad. La estimación de la capacidad con esta condición se hace más compleja debido a las siguientes razones:

- ♦ Los buses deben compartir las calles con otros vehículos y están sujetos a interferencias de otros elementos de la “corriente de tránsito”, tales como los semáforos.
- ♦ El número y el porcentaje de los buses que efectúan paradas en los lugares especificados dependen de la demanda y de factores de operación como la “agrupación” de buses en pelotones.
- ♦ Los buses están sujetos a una diversidad de conflictos en las intersecciones, con los peatones y los vehículos que giran, lo que aumenta la demora del sistema de transporte público.
- ♦ El ascenso y el descenso de pasajeros se llevan a cabo tanto en la fase de luz verde como en la fase de luz roja de los semáforos y, por tanto, las capacidades son menores que para las condiciones de tránsito continuo.
- ♦ La capacidad de una arteria vial por donde circulan buses es afectada por la capacidad total de la calle y los volúmenes de otro tipo de tránsito presentes en la misma.

El número de bahías de ascenso de buses en las paradas que se encuentran fuera de la zona central de una ciudad deberá establecerse en función de:

- ♦ El número de buses que cada parada deberá manejar simultáneamente durante el período de máxima demanda de 15 min.
- ♦ Las necesidades de maniobras de los buses para entrar o salir de la parada.

- ♦ Los tiempos mínimos de despeje entre buses.
- ♦ El tipo de parada.

Las longitudes de cola permisibles

Como ya se ha definido, el flujo de unidades de transporte público, durante un período dado, varía de acuerdo con las condiciones específicas de la vía y las prácticas de operación. Existen resultados de estudios teóricos y de experiencias reales de operación, en los que se analizan los efectos del transporte público en la capacidad de las vías con tránsito mixto. También se ha podido estimar la capacidad de los carriles exclusivos para transporte público.

De acuerdo con algunos estudios efectuados, se tienen los valores típicos siguientes:

- ♦ Los análisis de simulación y las observaciones de campo con automóviles equivalentes han mostrado que se pueden lograr capacidades teóricas de 1.400 o más buses por carril y por hora en las vías exclusivas para buses con flujo continuo y sin paradas para pasajeros. Los estudios de simulación, basados en buses con tiempos de ascenso y descenso de pasajeros de 30 seg y que circulan en pelotones de seis, entre estaciones que están separadas por una distancia de 0,5 km, indican capacidades que varían de 350 a 400 buses por hora en un carril exclusivo para buses, a desnivel (tabla 1.10).

- ♦ En estudios de campo sobre los factores de equivalencia bus-automóvil realizados por la Comisión del Puerto de Nueva York (Port of New York Authority) en el túnel Lincoln, se obtuvo una equivalencia de 1,5 automóviles por bus. En un estudio nacional de los flujos de tránsito mixto, efectuado por el Consejo de Caminos Públicos (Bureau of Public Roads, BPR), se encontró un factor de equivalencia de 1,6. La similitud de estos resultados indica que cuando los buses se encuentran en movimiento, ya sea en un carril exclusivo para el tránsito de buses o en uno de tránsito mixto, en condiciones de flujo continuo y para un amplio intervalo de niveles de servicio, se puede considerar un factor de equivalencia aproximado de 1,5 automóviles.
- ♦ La capacidad de un carril exclusivo para buses, con flujo continuo, puede calcularse mediante la aplicación de un factor de equivalencia de 1,5 automóviles a la capacidad calculada, o al volumen de servicio correspondiente en pasajeros por hora.

Flujos observados de buses en calles y carreteras

Se presentan a continuación volúmenes promedio de buses registrados en la ciudad de Nueva York, en diferentes condiciones de flujo:

Tabla 1.10.
Niveles de servicio
de carriles exclusivos.

Fuente:
Transportation
Research Board,
*Interim Materials in
Highway Capacity*,
Transportation
Research Circular
212, Washington,
D.C., E.U., 1980.

Nivel de servicio	Automóviles/ carril / hora	Buses/ carril / hora
A	700	467
B	1.100	733
C	1.550	1.033
D	1.850	1.233
E	2.000	1.333

- Para un derecho de vía exclusivo, cuando los buses no efectúan paradas, se observó el volumen más alto de 735 buses por hora.
- En caso de efectuarse paradas o escalas, para ascenso o descenso de pasajeros, limitando la capacidad del carril exclusivo de buses, consumiendo tiempo en la aceleración y la desaceleración, al despejar la parada y mientras las puertas permanecen abiertas, los volúmenes casi nunca exceden el valor de 120 buses por hora.
- En este mismo entorno general, se presentan volúmenes de 180 a 200 buses por hora cuando los buses pueden utilizar dos o más carriles para rebasar a aquellos que se encuentran parados, especialmente cuando las paradas son de corta duración.
- Varias calles del centro de las ciudades permiten la circulación de volúmenes de 80 a 100 buses por hora, cuando existen dos o tres bahías de ascenso de pasajeros y cuando el ascenso de éstos no se con-

centra en una sola parada (esta frecuencia corresponde a aproximadamente 5.000 a 75.00 pasajeros por hora, dependiendo de los factores de carga).

Capacidad de carril exclusivo para buses

Los volúmenes de servicio basados en la experiencia real de operación (tabla 1.11) proporcionan valores representativos de las calles del centro de las ciudades y las arterias que conducen a la zona central de una ciudad, para cada nivel de servicio. En los casos en que la demanda en las paradas no sea significativa, como sucede en las arterias exteriores, se pueden aumentar los volúmenes en 25%.

Estos volúmenes de servicio se pueden utilizar en la planeación, pero se deben calcular valores más precisos para el análisis de operación o para el proyecto, a partir de las relaciones de capacidad y los procedimientos de cálculo teóricos.

Nivel de servicio	Descripción	Buses / carril / hora	Valor medio
Arterias viales			
A	Flujo libre	25 o menos	15
B	Flujo estable sin restricciones	26 a 45	35
C	Flujo estable con interferencias	46 a 75	60
D	Flujo estable con formación de algunos pelotones	106 a 135	120
F	Flujo forzado, operación deficiente	más de 135 ^a	150
Calle principal de la zona centro de la ciudad			
A	Flujo libre	20 o menos	15
B	Flujo estable sin restricciones	21 a 40	35
C	Flujo estable con interferencias	41 a 60	50
D	Flujo estable con formación de algunos pelotones	61 a 80	70
F	Flujo forzado, operación deficiente	más de 100 ^a	110 ^a

Nota: ^a Resultados correspondientes a la operación de más de un carril.

Los volúmenes corresponden a la utilización exclusiva del carril por los buses.

Tabla 1.11.
Volúmenes de servicio recomendados para el flujo de buses, en el caso de aplicaciones de planeación.

Fuente:
Transportation Research Board, *Interim Materials Highway Capacity*, Transportation Research Circular 212, Washington D.C., E.U., 1980; Hoey, W.F. y Levinson, H.S. *Bus Capacity Analysis*, Transportation Research Record 546, Washington, D.C., E.U.

Los valores del nivel de servicio F , condiciones de flujo forzado, no deberán utilizarse en aplicaciones de planeación o proyecto. Estos valores se proporcionan simplemente para establecer comparaciones.

Capacidad en pasajeros

El número de personas por hora que pueden ser transportadas con diversos volúmenes de buses y diferentes factores de carga se presenta en la tabla 1.12. Esta tabla constituye una guía amplia para la planeación de la capaci-

dad de personas, suponiendo que los puntos de ascenso están lo suficientemente dispersos como para lograr estas cargas de los buses.

Se recomiendan volúmenes máximos de aproximadamente 7.500 personas por hora y por carril, en las calles del centro de una ciudad, y de 10.000 personas por hora y por carril en las arterias viales.

Los valores máximos correspondientes para los pasajeros sentados son de 5.000 y 6750 personas por hora y por carril, respectivamente.

Tabla 1.12.
Volúmenes de servicio de pasajeros recomendados para las aplicaciones de planeación.

Nivel de servicio (calle)	Buses	Nivel de servicio (pasajeros/asiento)				
		A 0,00 - 0,50	B 0,51 - 0,75	C 0,76 - 1,00	D 1,01 - 1,25	E 1,26 - 1,50
Arterias viales						
A	25 o menos	625	940	1.250	1.560	1.875
B	26 a 45	1.125	1.690	2.250	2.810	3.375
C	46 a 80	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
D	81 a 105	2.625	3.940	5.250	6.560	7.875
E	106 a 135	3.375	5.060	6.750	8.440	10.125
Calles de la zona central de la ciudad						
A	20 o menos	500	750	1.000	1.250	1.500
B	21 a 40	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
C	41 a 60	1.500	2.250	3.000	3.750	4.500
D	61 a 80	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
E	81 a 100	2.500	3.750	5.000	6.250	7.500

Fuente:

Transportation
Research Board,
National Research
Council, *Highway
Capacity Manual,
Special Report
209*, Washington,
D.C., 1985.

Nota: Los volúmenes están basados en 50 asientos por bus. La relación indicada para el nivel de servicio (pasajeros) corresponde a "pasajeros por asiento" en un bus promedio. Por tanto, 1,00 significa 50 pasajeros en los 50 asientos supuestos.

Los valores serían 6% mayores para un bus de 53 asientos.

Los valores para un bus articulado serían de un 15 a un 20% mayores.

Factor de hora de máxima demanda

El factor de hora de máxima demanda (FHMD) se define como el volumen horario dividido entre cuatro veces el volumen máximo de 15 min de duración, que se presente en la hora analizada. El volumen horario real (VH) puede calcularse mediante:

$$VH = (\text{volumen máximo de 15 min de duración}) / (4) (FHMD) \quad 1.7$$

Este volumen de personas corresponde al número de pasajeros que pueden ser transportados, suponiendo un flujo uniforme durante la hora de máxima demanda. Consecuentemente, se deberán utilizar valores apropiados del fac-

tor de hora de máxima demanda para reducir estos valores en función de las variaciones del flujo en la hora de máxima demanda.

Los valores típicos del FHMD varían de 0,60 a 0,95 para las líneas de transporte público. La agencia SCRTD de Los Ángeles indica valores de 0,66 para los buses suburbanos y de 0,74 para los buses locales. El *Transportation and Traffic Engineering Handbook* (1982) recomienda factores de hora de máxima demanda de 0,70 a 0,95. Un factor de hora de máxi-

ma demanda cercano a 1,0 puede indicar la sobrecarga del sistema (servicio deficiente).

Para considerar algunas magnitudes sobre la ocupación en algunos tramos del sistema de transporte público, en la ciudad de Bogotá, se presentan a continuación los resultados de los estudios de frecuencia de ocupación en buses articulados sobre las troncales, realizados por la empresa Transmilenio, programados en la hora pico de la mañana.

Troncal	Sentido más cargado	Pasajeros / hora	Buses/hora
Calle 80	Occ. - Oriente	20.010	154
Caracas sur (Portal hasta Hospital Hortúa)	Sur - Norte	25.530	-
Américas (Av Jiménez hasta carrera 43)	Oriente - Occ.	13.170	104
Autopista norte (Portal hasta calle 106)	Norte - Sur	22.350	149
Caracas	Norte - Sur	42.360	300

Tabla 1.13.
Carga de pasajeros por troncal y sentido.

Fuente:
Transmilenio S.A.,
septiembre de
2005.

1.4 RAPIDEZ

La rapidez está relacionada con aspectos relativos a la operación del sistema, como necesidades de transbordo, períodos de operación, nivel de oferta de los servicios en período valle y la

forma de cobro. En cuanto a los aspectos físicos se tiene que se relacionan con las condiciones de los puntos de embarque y transbordo, información de los vehículos y la disponibilidad de estacionamientos en las terminales (tabla 1.14).

Calidad del servicio (min)	Número de transbordos	Duración mínima del viaje
Excelente	0	-
Óptimo	1	< 5
Bueno	1	5 - 10
Regular	1 - 2	10 - 15
Malo	2	> 15
Pésimo	3 o más	-

Tabla 1.14.
Indicadores de rapidez por transbordos.

Fuente: EBTU.
Gerencia do Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP). Módulo de elementos
intervinientes, 1988.

Otro ítem para tener en cuenta en el atributo de rapidez es el tiempo de desplazamiento, el cual considera el tiempo total utilizado de puerta a puerta, es decir, el acceso desde el

origen hasta el punto de embarque, la espera en el vehículo, el desplazamiento efectivo dentro del vehículo, el transbordo y el acceso del punto de desembarque al de destino.

Cada usuario tiene una percepción diferente de cada uno de los anteriores parámetros. A mayor ingreso de usuarios es mayor el valor del tiempo de desplazamiento, y desplazamientos con horario rígido implican mayor valor para el tiempo de espera. En cuanto al tiempo de acceso al paradero, depende de la cobertura y la accesibilidad de la red de transporte.

1.4.1 Nivel de servicio

Existen cuatro variables que inciden directamente en el tiempo de viaje y que están ligadas con el atributo de rapidez:

- ♦ Tiempo entre el origen y el paradero.
- ♦ Tiempo de espera en el paradero.
- ♦ Tiempo de viaje en el vehículo.
- ♦ Tiempo entre el paradero y el destino.

Los resultados del atributo de rapidez están relacionados con el tipo de vehículo en el cual se realizó el último viaje, la duración o tiempo empleado en cada una de las cuatro variables planteadas anteriormente y la percepción de calidad referida a los niveles de servicio enunciados.

Así mismo se calcula el percentil 85 de los datos para cada uno de los niveles, estableciendo el límite; adicionalmente, según las investigaciones, se determina que el nivel de servicio C es considerado el nivel de aceptación óptimo de la calidad del servicio ofrecido. Se recomienda elaborar escalas de servicio para cada una de las cuatro variables establecidas, discriminando el propósito de viaje.

A continuación se detalla el resultado obtenido para el análisis de la variable tiempo de duración en el paradero (tabla 1.15).

Tabla 1.15.
Nivel de servicio con base en el tiempo de paradero.

Fuente: cálculos obtenidos de la aplicación del método en la ciudad de Tunja.

Nivel de servicio	Calidad del servicio	Tiempo en paradero (min)	Relación de aceptación
A	Excelente	≤ 2	0,17
B	Bueno	2 - 6	0,50
C	Regular	6 - 12	1,0
D	Malo	12 - 22	1,83
E	Pésimo	22 - 27	2,25
F	Inaceptable	> 27	—

1.4.2 Capacidad

Los métodos descritos a continuación son aplicables para el desarrollo del proyecto y para análisis de operación, con la premisa de que el carril de buses o la zona de parada son exclusivos. En caso contrario, habrá de corregirse la capacidad utilizando el tiempo neto de los vehículos de transporte público.

Para una evaluación correcta de la capacidad de una parada se deben considerar los aspectos siguientes:

- ♦ La capacidad de un sistema de buses corresponde a la capacidad de la parada de mayor demanda o a la capacidad de la línea, la que sea menor.
- ♦ La capacidad de una ruta de buses está fijada por los tiempos de servicio de los pasajeros en los puntos principales de ascenso y descenso.
- ♦ El espaciamiento mínimo seguro entre buses en movimiento y el número de bahías de ascenso disponibles por parada influyen en la capacidad.

- ♦ El aumento del número de bahías de ascenso tiene un efecto mucho menor en la capacidad que la reducción de los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros.

La capacidad se puede expresar en buses por hora o en personas por hora. A continuación se presentan las expresiones que permiten evaluar la capacidad con base en dichos factores.

Capacidad de una bahía de ascenso de buses (vehículos) con flujo continuo

El número de buses por bahía de ascenso por hora cuando no se presentan demoras ocasionadas por semáforos, como sucede a lo largo de un carril exclusivo para buses o en una terminal, se puede estimar mediante la siguiente relación:

$$f' = \frac{3.600F_R}{h'} = \frac{3.600F_R}{D + t_c} \quad 1.8$$

en donde:

f' = número máximo de buses por posición de carga por hora.

F_R = factor de reducción para compensar las variaciones en el tiempo de ascenso y descenso y en las llegadas.

h' = intervalo mínimo entre buses en la bahía de ascenso o parada de bus, seg.

D = tiempos de ascenso y descenso de pasajeros en la bahía de ascenso o parada de bus, seg.

t_c = tiempo de despeje entre buses sucesivos, seg.

El factor de reducción, F_R , es igual a 0,833 para la capacidad máxima de los buses; este valor corresponde a la circunstancia en que un tercio de los buses permanece en espera en las

colas que se forman antes de las paradas, con lo que reduce la capacidad de la posición de carga acerca de 75% del valor ideal. En este caso, en la expresión se debe utilizar el valor constante de 3000 en lugar de 3.600.

El intervalo mínimo entre buses, h' , puede obtenerse de la siguiente manera:

- ♦ Para ascenso solamente, con flujo en un solo sentido:

$$h' = bB + t_c \quad 1.9$$

- ♦ Para descenso solamente, con flujo en un solo sentido:

$$h' = aA + t_c \quad 1.10$$

- ♦ Con flujo en dos sentidos a través de la puerta:

$$h' = [aA + bB + t_c] \quad 1.11$$

en donde:

b = tiempo de servicio de ascenso, en segundos por pasajero.

B = número de pasajeros que ascienden por bus, durante los 15 min de máxima demanda.

a = tiempo de servicio de descenso, en segundos por pasajero.

A = número de pasajeros que descienden por bus, durante los 15 min de máxima demanda.

Sustituyendo estas expresiones de h' en la ecuación para la estimación del número máximo de buses por bahía de ascenso por hora (se supone que F_R es igual a 0,833), se obtienen las expresiones siguientes:

Para ascenso solamente, con flujo en un solo sentido:

$$f' = \frac{3.600F_R}{h'} = \frac{3.600(0,833)}{bB + t_c} = \frac{3.000}{bB + t_c} \quad 1.12$$

Para descenso solamente, con flujo en un solo sentido:

$$f' = \frac{3.600F_R}{aA + t_c} = \frac{3.000}{aA + t_c} \quad 1.13$$

Para flujo en dos sentidos a través de la puerta:

$$f' = \frac{3.600F_R}{aA + bB + t_c} = \frac{3.000}{aA + bB + t_c} \quad 1.14$$

Para las operaciones reguladas por semáforos, los resultados de estas ecuaciones pueden considerarse el límite superior de la capacidad de la bahía de ascenso (o parada). Se requieren varias reducciones, especialmente en el caso de que los tiempos de ascenso y descenso sean menores de 60 seg por parada.

Capacidad de una bahía con flujo regulado por semáforos

El número de buses que pueden efectuar una parada para dar servicio a los pasajeros y que cruzan subsecuentemente una intersección semaforizada se puede estimar suponiendo que el tiempo dedicado al ascenso y descenso de pasajeros en las fases de luz verde, g , y de luz roja, r , es proporcional a las relaciones g/C y r/C , respectivamente. Se supone que el tiempo de luz ámbar es parte del tiempo de luz verde.

Las ecuaciones que se presentan a continuación son precisas para los casos en que las paradas se efectúan en las inmediaciones de la intersección y proporcionan una aproximación razonable cuando se trata de paradas a distancias considerables de la intersección.

$$f'_c = \frac{g}{t_c + D(g/C)} \quad 1.15$$

$$f' = (g/C) \frac{3.600F_R}{t_c + D(g/C)} = (g/C) \frac{3.000}{t_c + D(g/C)} \quad 1.16$$

en donde:

f'_c = buses por ciclo.

f' = buses por hora.

g = tiempo de luz verde (incluye el tiempo de luz ámbar) por ciclo, seg.

t_c = tiempo de despeje por bus, seg.

D = tiempo de ascenso y descenso de pasajeros, correspondiente a la carga y descarga de pasajeros (es decir, bB , aA , $[aA + bB]$), o en caso de que se presenten flujos significativos de entrada y salida, se deberá utilizar $1,2 [aA + bB]$, s;

C = duración del ciclo, s;

F_R = Factor de reducción para compensar las variaciones en el tiempo de ascenso y descenso y en las llegadas.

En ambas ecuaciones se supone que no existe otro tipo de tránsito en el carril para buses y que un bus no puede rebasar a otro.

Valores de capacidad en las bahías de ascenso (vehículos). En la tabla 1.16 se proporciona el número de buses por hora en una posición de carga sencilla para las relaciones g/C de 0,5 y 1,0. Los valores fueron calculados para tiempos de despeje de 15 s y tiempos de ascenso y descenso desde 15 hasta 120 s.

Para la mayoría de los casos se deberán utilizar valores del tiempo de despeje de 15s, 25% de probabilidad de cola y 60% de coeficiente de variación en tiempo de ascenso y descenso.

Las capacidades estimadas de las bahías de ascenso de buses en el carril de circulación se presentan en la tabla 1.17. Se aprecia que al incrementar el número de bahías de ascenso presenta un efecto de decrecimiento en la capacidad de la vía, pero a su vez se ve incrementada la capacidad en las bahías de ascenso (por ejemplo: al doblar el número de bahías no implica que se duplique la capacidad de la vía).

Tiempo de ascenso y descenso (en seg)	Tiempo de despeje (seg, t_c)	
	15	
	g/C 0,5	g/C 1,0
15	63	100
30	43	63
45	32	46
60	26	36
75	22	30
90	19	25
105	16	22
120	15	20

Tabla 1.16.
Capacidades
máximas
estimadas en las
paradas de
buses, en buses
por hora.

Fuente:
*Highway Capacity
Manual*, cap. 14, E.U.,
2000, p. 13.

Tiempo de ascenso y descenso/ parada (en seg)	Número de bahías de ascenso efectivas									
	1		2		3		4		5	
	Capacidad (buses/h)									
	g/C		g/C		g/C		g/C		g/C	
	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
30	43	63	79	117	105	154	113	167	115	170
60	26	36	48	67	64	89	69	96	70	98
90	19	25	35	47	46	62	49	67	50	69
120	15	20	27	36	36	48	39	52	39	53

Tabla 1.17.
Capacidad
estimada de las
paradas de bus
en el carril de
circulación en
función del
número de bahías
de ascenso
(buses por hora).
Fuente: *Highway
Capacity Manual*,
cap. 14, E.U.,
2000, p. 13.

En caso de que no se cuente con los datos de tiempo de ascenso y descenso o que éstos no se puedan obtener fácilmente, se podrán utilizar como valores representativos los siguientes:

- 60 seg por parada en el centro de una ciudad.
- 30 seg por parada principal en otras zonas.
- 15 seg por parada típica secundaria, fuera de la zona central.

Las capacidades del sistema de buses y de las paradas pueden incrementarse mediante:

- El aumento del número de estaciones (o “terminales”) principales en el centro de una ciudad, a lo largo de la vía exclusiva

para buses o ruta de buses, con lo que se logra disminuir el tiempo de ascenso y descenso de pasajeros en la parada de mayor demanda.

- La reducción de los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros, a través de la utilización de puertas múltiples en los buses, del pago por anticipado de la tarifa o la separación selectiva de los flujos de ascenso y descenso.
- El empleo de buses más grandes (o, cuando sea factible, de factores de carga más altos) para reducir los tiempos de despeje entre vehículos sucesivos.

A continuación se presentan las expresiones que permiten evaluar la capacidad considerando dichos factores:

1.4.3 Niveles de servicio del componente tránsito

La evaluación del componente tránsito se relaciona básicamente con:

Intersecciones semaforizadas

En este numeral se presentan las metodologías utilizadas por el HCM 2000 para evaluar las intersecciones con semáforo y con prioridad. Vale la pena destacar que este análisis se realiza para cualquier tipo de vehículo que circule por las diferentes intersecciones.

La capacidad se evalúa en términos de la relación tasa de flujo de demanda a capacidad (v/c), y el nivel de servicio sobre la base de la demora por controles. La demora por control incluye la demora inicial por desaceleración, el tiempo para que una cola se ponga en movimiento, la demora por parada y la demora final por aceleración.

La metodología cubre un rango amplio de configuraciones operacionales, entre éstas combinación de planes de fases, utilización de carriles, tratamientos alternos de giros a izquierda. Algunas de estas configuraciones son consideradas inaceptables por algunas agencias desde el punto de vista de la seguridad.

Los niveles de servicio se definen según los valores expresados en la tabla 1.18, los cuales se encuentran en función de la demora.

Tabla 1.18.
Niveles de servicio para intersecciones semaforizadas.

Nivel de servicio	Demora promedio (seg/veh.)
A	≤ 10
B	$> 10 - 20$
C	$> 20 - 35$
D	$> 35 - 55$
E	$> 55 - 80$
F	> 80

Fuente:
HCM 2000,
p. 16-2.

Flujo de saturación en vehículos articulados

El comportamiento de la descarga de vehículos articulados presenta características especiales frente al comportamiento de los livianos; el “deslizamiento” de los buses permitido por los conductores mientras se da el paso, el arranque tardío en la descarga de la cola y, en algunos casos, el afán por mantener las frecuencias programadas, hacen que el comportamiento en el despeje de las intersecciones no sea uniforme, como sucede en el caso de los vehículos livianos cuando se presentan condiciones de saturación.

Sin embargo, luego de realizar un muestreo de 200 datos aproximadamente, y aplicando la misma metodología usada para la toma en campo de los intervalos para livianos, se presentan a continuación los resultados que permiten apreciar una primera aproximación en la estimación del flujo de saturación en vehículos articulados.

El intervalo de confianza para el flujo de saturación en giros derechos:

$$730 < S_{\text{derecho}} < 470 \text{ buses articulados/hora/carril}$$

El intervalo de confianza para el flujo de saturación en giros izquierdos:

$$735 < S_{\text{izquierdo}} < 465 \text{ buses articulados/hora/carril}$$

Intersecciones con prioridad

En cuanto a las intersecciones con prioridad se tiene que inicialmente el método implica una definición de las condiciones geométricas y de volúmenes existentes en la intersección en estudio, así como también la determinación del “tránsito conflictivo”, en el cual cada movimiento de la vía secundaria y

el movimiento de giro izquierdo de la vía principal, debe cruzar.

Igualmente se puede establecer el tamaño del espacio aceptable en la corriente del tránsito conflictivo que requieren los vehículos en cada movimiento para cruzar la corriente del tránsito conflictivo.

Los niveles de servicio se definen según los valores expresados en la tabla 1.19, los cuales se encuentran en función de la demora total promedio, que se define como el tiempo total transcurrido desde cuando un vehículo

se detiene al final de la cola hasta que el vehículo logra entrar a la intersección. Este tiempo incluye el tiempo requerido por el vehículo para pasar del extremo final de la cola a la primera posición. La demora total promedio para cualquier movimiento secundario está en función de la capacidad del acceso y del grado de saturación. En situaciones donde el grado de saturación es mayor que 0,9, la magnitud de la demora promedio por vehículo depende adicionalmente de la duración del período de análisis.

Nivel de servicio	Demora promedio (seg/veh.)
A	0 - 10
B	> 10 - 15
C	> 15 - 25
D	> 25 - 35
E	> 35 - 50
F	> 50

Tabla 1.19.
Niveles de servicio para intersecciones de prioridad.

Fuente:
HCM 2000,
p. 17-22.

1.4.4 Impacto vial en el área de influencia

Los impactos de la implementación de un sistema de transporte masivo corresponden a los efectos que el servicio de transporte genera sobre su entorno y dentro del área de servicio que cubre. Estos impactos pueden ser a corto plazo, como por ejemplo la disminución de la congestión de las vías, la reducción en los índices de la contaminación, en los niveles de ruido o en el mismo cambio del impacto visual generado por la modificación del amoblamiento urbano y vial.

Así mismo, se encuentran los impactos a largo plazo, como la afectación en el valor del

suelo o la modificación en el cambio de las actividades económicas o urbanas, al igual que el crecimiento de la ciudad. A continuación se muestra una aproximación del impacto que se genera según el tipo de sistema que debe implementarse en una ciudad (tabla 1.20).

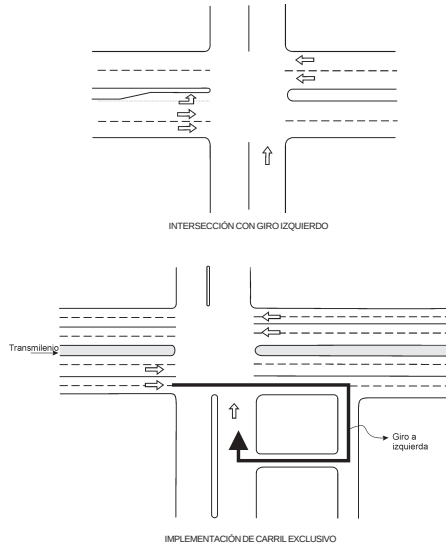
También se debe tener en cuenta el impacto de implementar carriles exclusivos, en especial en aquellas intersecciones en donde se restringe el giro izquierdo (figura 1.3). En este caso, la afectación que se presenta en cuanto al nivel de congestión en las calles transversales puede llegar hasta el nivel de generar una afectación al pavimento, ya que no se había contemplado la circulación del tránsito de

Medio de transporte	Contaminación	Ruido	Impacto visual	Seguridad
Buses en tráfico mixto	Mala	Regular	Buena	Regular
Buses en carriles preferenciales	Regular	Regular	Buena	Regular
Buses en carriles exclusivos	Buena	Buena	Buena	Buena

Tabla 1.20.
Impactos producidos por la implementación del transporte público.

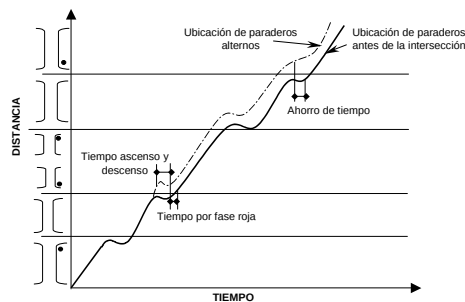
Fuente: Ángel Molinero y Luis Sánchez Arellano, 1996, p. 18.

Figura 1.3.
Impacto de la implementación de carriles exclusivos.



Fuente:
Elaboración propia.

Figura 1.4.
Efecto de alternar paraderos.



Fuente:
Ángel Molinero y Luis Sánchez Arellano, 1996.

transporte público en ellas, incluso se debe llegar a establecer una reorganización en las rutas existentes.

1.4.5 Impacto operacional de las estaciones en las intersecciones cercanas

Normalmente, la coordinación de semáforos está encaminada hacia la reducción de los tiempos de recorrido del transporte privado; sin embargo, esta situación se puede aprovechar para mejorar la prestación del servicio público. Por ejemplo, en un corre-

dor con semáforos la ubicación alternada de estaciones permitirá reducir en los tiempos de recorrido en 25% (ley de Von Stein). La ley de Von Stein establece que si se alterna la ubicación de los paraderos, una antes y la siguiente después de la intersección, se logran ahorros en los tiempos de recorrido para el transporte público.

En la figura 1.4 se puede observar que para condiciones normales de localización de estaciones antes de la intersección, el bus va acumulando todos los tiempos que se pierden a causa de la fase roja. Si se alternan los paraderos, se evitan algunos de los tiempos debido a la fase roja y sólo permanecen los relativos al ascenso y descenso de pasajeros.

Otro aspecto para tener en cuenta es el posible congestionamiento que se puede generar al implementar una estación cerca de una intersección semaforizada (esta situación se puede simular utilizando el *software* Irene); por tanto, se recomienda tener especial cuidado con la localización de las estaciones, ya que las esperas en la intersección semaforizada junto con las esperas en las estaciones pueden desencadenar en la generación de congestión y afectar el funcionamiento del sistema de transporte (figura 1.5).

1.4.6 Efectos de los buses en la capacidad vehicular

El tiempo disponible para otros vehículos es reducido por el tiempo requerido para el servicio de los pasajeros en las paradas de buses, así como por el requerido por el número de buses en la corriente de tránsito.

Consecuentemente, en el caso del flujo continuo los buses son equivalentes a 1,5 automóviles en el carril por donde circulan. En las paradas, los buses tienen un efecto mayor en la reducción de la capacidad, debido al tiempo necesario para el ascenso y descenso de pasaje-

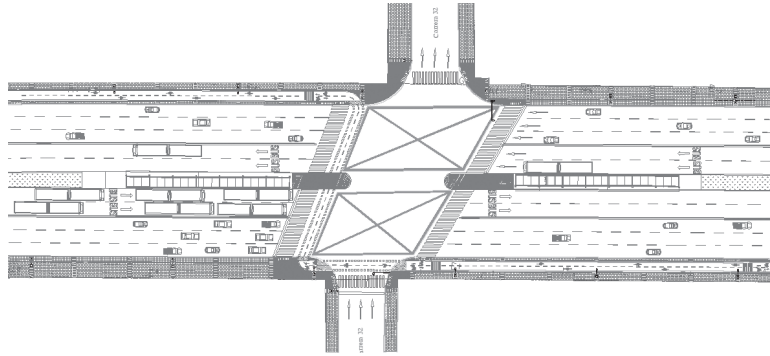


Figura 1.5.
Ejemplo de
ubicación de
estación cerca
de una
intersección
semaforizada.

Fuente:
Elaboración
propia.

ros. Los factores de equivalencia para estas condiciones dependen de la duración específica de la parada del bus y de su efecto de reducción en el tiempo de luz verde del acceso.

Los efectos de reducción de los buses locales de transporte público en los otros vehículos que circulan en un carril de una arteria vial pueden estimarse de la manera siguiente:

- Cuando los buses paran en un carril que no es utilizado por el tránsito en circulación (por ejemplo, en un carril reservado para el estacionamiento), la pérdida de tiempo de los otros vehículos es de 3 a 4 seg por bus. En este caso, los buses aceleran o desaceleran al cruzar la intersección, reduciendo de este modo los efectos de interferencia con el otro tránsito.
- Cuando los buses paran en un carril normal de circulación, la pérdida de tiempo incluye los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros de los buses más la pérdida de tiempo al parar y al arrancar, así como los efectos asociados con la formación de colas en el otro tipo de tránsito. La pérdida de tiempo se puede estimar mediante la siguiente expresión para el carril por el que circulan los buses.

$$T_L = (g/C)(N_B)(D + L) \quad 1.17$$

en donde:

T_L = pérdida de tiempo, seg/h.

g/C = relación entre el tiempo de luz verde y la duración del ciclo.

N_B = número de buses por hora que paran.

D = tiempo promedio de ascenso y descenso de pasajeros, seg.

L = pérdida adicional de tiempo al parar y arrancar el bus, así como por el tiempo correspondiente a los efectos de formación de colas, seg ($L = 6$ a 8 seg, suponiendo condiciones promedio).

- Las equivalencias entre los automóviles y los buses urbanos en las intersecciones semaforizadas, aplicables cuando los buses bloquean la circulación, se pueden calcular de acuerdo con la siguiente relación:

$$f_B = \left(\frac{(g/C) \times (D + 6)}{h} \right) \quad 1.18$$

en donde:

f_B = automóviles equivalentes por bus

h = 2 seg por automóvil.

g/C = relación tiempo de luz verde/duración del ciclo.

- 6 = pérdida adicional de tiempo, al arrancar y frenar, debido a los efectos de la formación de colas, seg.
- D = tiempo de ascenso y descenso de pasajeros, por bus, seg.

1.4.7 Valores típicos de tiempos de despeje, de servicio

El intervalo mínimo entre buses en una parada está constituido por la suma del tiempo real de ascenso y descenso de los pasajeros, más los tiempos de despeje entre buses. Se puede sumar el tiempo perdido en la apertura y el cierre de las puertas a los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros, o éste se puede considerar en los intervalos de despeje.

A continuación se proporcionan valores observados en las principales ciudades de Estados Unidos:

Tiempos de despeje

Las observaciones de campo de los tiempos de despeje de buses son limitadas. Sin embargo,

se pueden recomendar los siguientes valores:

- ♦ Tiempo de arranque: 2 a 5 seg.
- ♦ Tiempo de desalojo: 5 a 10 seg.
- ♦ Tiempo de retraso (antes de que asciendan los pasajeros): 2 a 5 seg.

Tiempos de servicio

Los tiempos de ascenso por pasajero varían desde aproximadamente 1,5 a 2,5 seg para las condiciones urbanas típicas, hasta 6 seg, o más cuando los pasajeros transportan equipaje. En la tabla 1.21 se resumen los intervalos observados en los tiempos de servicio de los pasajeros para varios procedimientos de operación de buses y de recolección del pago de la tarifa.

Los intervalos del tiempo de servicio de los buses, en relación con el ancho de las puertas, los métodos de operación y las prácticas de recolección del pago de las tarifas, se presentan en la tabla 1.22.

Tabla 1.21.
Tiempos de ascenso y descenso de pasajeros, en función de las condiciones del servicio.

Fuente: H.S. Levinson, C.L. Adams y W.F. Hoey, *Bus Use of Highways - Planning and Design Guidelines*, Informe del NCHRP No. 155, Washington, D.C., E.U., 1975.

Condiciones	Tiempo, seg/ pasajero
Descarga (descenso)	
Muy poco equipaje de mano y paquetes; pocos transbordos.	1,5 a 2,5
Cantidad moderada de equipaje de mano o muchos transbordos.	2,5 a 4,0
Equipaje considerable en las repisas (viajes foráneos).	4,0 a 6,0
Carga^a (ascenso)	
Pago por anticipado antes de entrar al bus o pago al abandonarlo.	1,5 a 2,5
Pago en un depósito de recolección con una sola moneda o una ficha.	2,0 a 3,0
Pago en el bus con moneda fraccionaria.	3,0 a 4,0
Pago por anticipado de tarifas por zonas, verificado en el bus.	4,0 a 6,0
Pago en el bus de tarifas para zonas múltiples, en efectivo, incluyendo el registro en el bus.	6,0 a 8,0

Nota: ^aSe debe agregar un segundo cuando se entrega un comprobante de pago, pues se supone que el ascenso se realiza por una sola puerta.

Tiempos de ascenso y descenso de pasajeros en las paradas de buses

El tiempo que los buses emplean en una parada dada es función de la hora del día, de la ubicación de la parada, de los usos del suelo en las inmediaciones de la parada y del número de transbordos posibles con otras líneas de transporte público. De acuerdo con esto se tienen los siguientes valores típicos:

- ♦ El promedio de la duración de las paradas durante la hora PM de máxima de-

manda es generalmente menor de 15 a 20 seg; sin embargo, los buses pueden permanecer de 30 a 60 seg en los puntos principales de transbordo, en las terminales o en los lugares de transbordo tren-bus.

- ♦ Dentro de la zona central de las ciudades, el promedio de los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros varía de 50 a 60 seg en los lugares de mayor demanda, aunque en algunas paradas puede llegar a ser tan largo como dos minutos.

Tipo de bus	Puertas disponibles		Tiempos típicos de servicio de ascenso ^a (en seg/p)		Tiempos típicos de servicio de descenso en seg/p
	Número	Ubicación	Pago por anticipado ^b	Pago con una sola moneda	
Convencional	1	Adelante	2,0	2,6 a 3,0	1,7 a 2,0
	1	Atrás	2,0	NA	1,7 a 2,0
	2	Adelante	1,2	1,8 a 2,0	1,0 a 1,2
	2	Atrás	1,2	NA	1,0 a 1,2
	2	Adelante, atrás ^c	1,2	NA	0,9
	4	Adelante, atrás ^d	0,7	NA	0,6
Articulado	3	Adelante, atrás, en el centro	0,9 ^d	NA	0,8
	2	Atrás	1,2 ^e	NA	-----
	2	Adelante, en el centro ^c	-----	-----	0,6
	6	Adelante, atrás, en el centro ^c	0,5	NA	0,4
Unidad especial	6	3 puertas dobles ^f	0,5	NA	0,4

Nota: ^aIntervalo típico, en segundos, entre el sucesivo ascenso de pasajeros. Éste no considera los tiempos de despeje entre vehículos sucesivos o el tiempo muerto en la parada.

^bTambién se aplica a los casos en que se paga al descender del bus o de transbordo gratuito.

^cCada uno.

^dExcepto en el uso separado de puertas para ascenso y descenso simultáneo.

^eAscenso por la puerta doble trasera con salidas sencillas, proyecto típicamente europeo. Proporciona flujo en un solo sentido en el vehículo, reduciendo la congestión interna. Recomendable en las líneas principales de transporte público, especialmente si es factible la operación por un equipo de dos personas. Puede no ser la mejor configuración en la operación de carriles exclusivos para buses.

^fEjemplos: Denver Alameda de la Calle 16; para su utilización en plataformas de aeropuertos. Típicos buses de bajo-piso con pocos asientos para servicios cortos de un volumen alto de pasajeros.

NA: No aplica.

Tabla 1.22..

Tiempos de servicio típicos de ascenso y descenso de pasajeros en determinados tipos de buses y configuraciones de puertas.

Fuente:
Manual de capacidad de carreteras (HCM-2000).

Formación de colas en las paradas

En estudios de flujo de buses se encontró que se forman colas de dos a cuatro buses, aproximadamente el 20% del tiempo en que los volúmenes de buses son mayores de cien por hora.

1.5 ACCESIBILIDAD

La accesibilidad al sistema es proporcional al tiempo de acceso al punto de parada junto con el tiempo de espera del vehículo.

Existen dos tipos de accesibilidad al ingreso de un transporte público: la accesibilidad locacional, que se refiere a la proximidad a los puntos de embarque y desembarque en el

sistema, y la accesibilidad temporal, relacionada con la frecuencia del servicio.

La accesibilidad temporal se refiere a la frecuencia del servicio, derivada de la demanda que va a ser atendida, que a su vez se relaciona con la población del área servida por la ruta de transporte en evaluación, obteniendo un intervalo entre vehículos sucesivos y, como consecuencia, un tiempo de espera medio.

Debe fijarse un valor mínimo en términos de intervalo entre vehículos de una ruta de transporte, para lo cual se debe tener en cuenta la densidad habitacional de las áreas atendidas con exclusividad por rutas en periodos típicos de operación.

En las tablas 1.23 y 1.24 se observan los indicadores según el tipo de accesibilidad.

Tabla 1.23.
Indicadores de accesibilidad locacional.

Fuente: EBTU.
Gerencia del Sistema de Transporte Público de Pasajeros (STPP).
Módulo de elementos intervinientes, 1988.

Calidad del servicio	Tiempo (min)	Distancia	
		A pie (m)	En auto (km)
Excelente	< 2	< 100	< 0,8
Óptimo	2 - 4	100 - 200	0,8 - 1,6
Bueno	4 - 7,5	200 - 400	1,6 - 3,2
Regular	7,5 - 12	400 - 600	3,2 - 4,8
Malo	12 - 20	600 - 1.000	4,8 - 8
Pésimo	> 20	> 1.000	> 8

Tabla 1.24.
Indicadores de accesibilidad temporal.

Fuente: EBTU.
Gerencia del Sistema de Transporte Público de Pasajeros (STPP). Módulo de elementos intervinientes, 1988.

Calidad del servicio	Densidad poblac.(hab/km²)								
	> 4.000		3.000 a 4.000		2.000 a 3.000		750 a 2.000		< 750
	Intervalo entre unid. (min)								
	Pico	Valle	Pico	Valle	Pico	Valle	Pico	Valle	
Excelente	< 2	< 5	< 4	< 9	< 9	< 14	< 9	< 14	Programación especial
Óptimo	2 a 4	5 a 9	5 a 9	10 a 14	10 a 14	15 a 19	10 a 14	15 a 29	
Bueno	5 a 9	10 a 14	10 a 14	15 a 19	15 a 24	20 a 30	15 a 24	30 a 44	
Regular	10 a 14	15 a 20	15 a 19	20 a 29	25 a 39	31 a 45	25 a 39	45 a 59	
Malo	15 a 20	21 a 30	20 a 30	30 a 60	40 a 60	46 a 60	40 a 60	60 a 90	
Pésimo	> 20	> 30	> 30	> 60	> 60	> 60	> 60	> 90	

Programación especial

La cobertura del sistema se define como la superficie o cuenca que se encuentra a 5 o 10 min de distancia, recorrida a pie, de una estación o paradero¹. Esta cobertura se puede expresar como un porcentaje del área urbana que queda dentro del área de servicio. Al analizar la cobertura que se logra hay que considerar la extensión misma de la red, la existencia de otros medios de transporte y la cobertura que alcanza en los puntos de mayor atracción o generación de viajes.

Adicionalmente se debe pensar en proporcionar una frecuencia adecuada al tipo de viaje que se preste, por lo que hay que buscar frecuencias regulares y altas que permitan atraer usuarios, con diversos motivos de viaje, ya sea de trabajo, recreación, compras o estudio.

La atracción de pasajeros es uno de los requerimientos más importantes, ya que de ello depende el éxito de una ruta dentro del sistema, lo cual está en función del tipo y nivel del servicio que se ofrezca, así como de las características físicas del sistema, la simplicidad de la red, la confiabilidad del servicio y la regularidad del mismo.

Generalmente se considera cuenca primaria la distancia que puede ser recorrida a pie en cinco minutos (± 400 m) desde cualquier estación o paradero; la cuenca secundaria define a todos aquellos puntos que se encuentran entre 5 y 10 min y representa una menor captación de usuarios potenciales.

En el caso de que no se encuentren paraderos definidos, se utiliza el concepto de una banda de cobertura o cuenca continua con las mismas consideraciones anteriores. La cobertura de área se puede expresar como un porcentaje del área urbana que está dentro del área de servicio:

$$\text{Cobertura} = \frac{\text{área cubierta por el servicio}}{\text{área urbana}} \quad 1.19$$

En la figura 1.6 se observa que más allá del radio de los cinco minutos, el porcentaje de usuarios que utilizan el transporte público decae rápidamente, debido a las molestias que causa el caminar largas distancias; así mismo, estas distancias se ven incrementadas, dependiendo del medio de transporte que se va a utilizar.

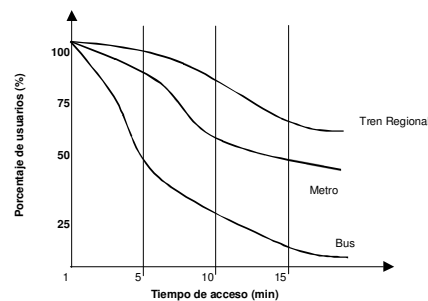


Figura 1.6. Usuarios potenciales en función del tiempo de acceso.

Fuente:
Ángel Molinero.
Transporte público, 1996.

Para determinar qué tan lejos se debe extender el servicio de transporte público, es necesario considerar que éste debe servir a la totalidad del área urbana. Sin embargo, en muchos casos esta situación no es rentable, por lo que se deben proveer servicios de naturaleza social, ya sea por su inaccesibilidad o por su baja densidad.

Otra manera de medir la cobertura del servicio de transporte público es a través de la definición del porcentaje de población que vive dentro de las cuencas primaria y secundaria. En los casos donde existen dos redes que ofrecen diferentes servicios se considera que se deben establecer dos cuencas, ya que cada red atrae a distintos usuarios o diferentes viajes del mismo tipo de usuarios.

Adicionalmente a las longitudes de trayecto a pie, se deben tener en cuenta otros factores como la accesibilidad de la cuenca, las opciones del transporte, la calidad del servicio

1. Ángel Molinero y Luis Sánchez Arellano (1996). *Transporte público*, p. 36.

y la longitud global. En función de ello se debe pensar en que la cobertura de la cuenca sea la más aplicable, lo cual se puede establecer mediante una encuesta.

El pensar que la cobertura de una cuenca está conformada por el entorno geográfico en donde se originan la totalidad de los viajes no es lo más acertado, ya que a veces esta región es ampliamente superada. Por tanto, se recomienda establecer la extensión con base en un porcentaje dado de los viajes (80%, aproximadamente), con lo cual se establece que la cuenca abastece el 80% del total de los viajes generados en la zona².

Los tiempos de desplazamiento efectivos dependen de la localización de los orígenes y destinos y de las velocidades logradas por los vehículos, las cuales a su vez dependen de las condiciones del tráfico, estado de la superficie de rodadura, espaciamiento entre paraderos, entre otros. A continuación se muestran los indicadores correspondientes al desplazamiento en servicio de transporte público (tabla 1.25).

Tabla 1.25.
Indicadores de
desplazamiento,
densidad de
ocupación y
tiempo de viaje.

Fuente: EBTU.
Gerencia do Sistema
de Transporte
Público de
Passageiros (STPP).
Módulo de elementos
intervinientes, 1988.

Calidad del servicio	Densidad ocupación (pasajeros/m ²)	Duración mínima de viaje (min)
Excelente	Todos sentados	-
Óptimo	0 - 1,5	< 90
Bueno	1,5 - 3	< 60
Regular	3 - 4,5	< 40
Malo	4,5 - 6	< 10
Pésimo	> 6	< 2

1.5.1 Niveles de servicio en las estaciones

El nivel de servicio de una estación es una medida general que integra todas las características del servicio de transporte que afectan al

usuario, ya que incluye aspectos del desempeño tales como los relativos a la velocidad de operación, confiabilidad y la seguridad del sistema.

La calidad del servicio, reflejada en la cobertura adecuada de la red, la limpieza y la estética de los buses, las rutas convenientes con servicios rápidos, frecuentes y confiables, son algunos de los conceptos que permiten lograr mejores niveles de servicio.

Es necesario aclarar que la velocidad se encuentra directamente relacionada tanto por el número de usuarios que utilizan el sistema como por el número de estaciones y los tiempos de ascenso estimados en cada estación, así como las interferencias del tránsito. Otro aspecto que influye pero de manera indirecta es el costo de la tarifa.

Se debe tener especial cuidado en que se preste un servicio adecuado, que permita una mayor atracción de pasajeros hacia los medios de alta capacidad, como lo es el sistema de transporte masivo, esa atracción debe estar acompañada de unas normas mínimas que se les deben brindar a los usuarios, algunas de las cuales se relacionan a continuación:

- El diseño de una estación debe tener en cuenta que el usuario busca emplear el menor tiempo y recorrer la menor distancia para llegar hasta el sitio donde se tenga acceso al servicio de transporte.
- Por otra parte, el usuario va a desear comodidad a través del diseño adecuado y funcional, protegido de la intemperie y con poco uso de escaleras.
- Se debe contar con una adecuada circulación en el interior y exterior de la estación, al igual que una óptima señalización que le permita al usuario poder movilizarse sin inconvenientes.
- La seguridad y vigilancia son una parte importante, con superficies seguras y una adecuada iluminación.

2. Ángel AlcEDA (1997). *La operación de los transportes*, p. 52.

- ♦ El acceso a los sitios de pago debe tener una buena visibilidad, con lo cual se garantiza una mayor eficiencia, seguridad y menor riesgo de vandalismo.

El diseño de una estación debe tener como mínimo los siguientes elementos:

- ♦ **Accesos.** El número y ubicación inciden directamente en la aceptación por parte de los usuarios en la integración del sistema de transporte con las áreas y zonas cercanas a la estación. El diseño de la estación debe estar provisto de escaleras en ambos costados, con lo cual se mejora la cobertura. Las estaciones con accesos en sus extremos representan la mejor opción para el usuario y si ésta se diseña con un mezzanine fuera del área de pago, se reduce el movimiento peatonal de la intersección y se optimiza la utilización de la infraestructura.
- ♦ **Pasillos.** Entre las funciones principales se tienen el comunicar al vestíbulo con el andén, comunicar andenes de la misma o diferente estación y comunicar los vestíbulos con la parte externa de la estación. Se debe realizar un correcto dimensionamiento con base en el movimiento de pasajeros y la adecuada canalización. El cálculo de la capacidad de un pasillo parte de los movimientos de pasajeros máximos previsible en la estación en la hora de máxima demanda, por lo que resulta conveniente estudiar las incidencias anormales, como la salida completa de pasajeros en un momento y la posible evacuación en caso de emergencia.
- ♦ **Escaleras.** Éstas no deben ser excesivamente largas, y de serlo, es recomendable dividir las en tramos con descansos. El número de escalones no debe ser superior a 20 peldaños, siendo recomendable 12 escalones; se deben evitar tramos cortos de

dos o tres escalones, en caso de no ser factible utilizar rampas. Los anchos de la escalera no deben ser menores de 1,60 m, y en caso de tener más de 4,50 m, deberán contar con pasamanos central que permita separar los flujos peatonales.

La calidad del servicio de una estación está determinada por varios factores que afectan inicialmente y de manera directa al usuario, la cual está reflejada en la prestación del servicio; igualmente afectan al operador, en donde la calidad es percibida con base en la amplitud y costo del servicio, aspectos físicos y modalidades técnicas.

Inicialmente, la metodología propuesta plantea la utilización de la técnica de la observación, en donde se establecen las características principales de las estaciones, dando una visión preliminar de los aspectos que pueden utilizarse para determinar la calidad del servicio y sus posibles causas, para lo cual se recomienda realizar una observación de tal manera que se pueda evaluar a usuarios, conductores, el servicio y las personas encargadas de la venta de boletos, entre otros. La observación va encaminada a establecer los aspectos más relevantes de cada uno de los componentes de la estación:

- ♦ **Estado interior de las estaciones.** Señalización, demarcación, amplitud, demoras, torniquetes, ancho de pasillos, ventilación, entre otros.
- ♦ **Servicio.** Frecuencias, intervalos, ocupación, demoras, entre otros.
- ♦ **Conductor.** Presentación personal, forma de conducir.
- ♦ **Personal venta de boletos.** Presentación personal, comportamiento.
- ♦ **Usuario.** Sexo, edad, comportamiento.

Posteriormente se plantea, mediante la técnica de la entrevista y con base en los resul-

tados obtenidos de la observación, establecer cuáles son los atributos más relevantes de la calidad del servicio por parte de los usuarios, mediante la obtención de opiniones, conceptos, ideas y críticas acerca de la percepción, concepción e interpretación de la calidad del servicio en las estaciones. Una vez obtenida la información, se procede a jerarquizar los principales atributos definidos por los usuarios en lo que se refiere a una óptima y deseable calidad del servicio.

Los atributos sugeridos como los más relevantes y que se pueden utilizar para evaluar mediante la entrevista a los usuarios se describen a continuación. Cabe aclarar que éstos pueden variar de acuerdo con el criterio del ingeniero que está realizando el estudio:

- ♦ *Accesibilidad.* Se refiere a la percepción que tiene el usuario en cuanto a la infraestructura utilizada para el ingreso y salida de la estación.
- ♦ *Rapidez.* En cuanto a la venta de tickets y la agilidad en el ingreso y salida.
- ♦ *Comodidad.* El espacio de los pasillos para desplazarse de un vagón a otro y en general a la movilización hacia el interior de la estación.
- ♦ *Seguridad.* Hacia el interior y exterior de la estación.
- ♦ *Sistema de información.* Evaluación de las demarcaciones utilizadas en el interior de la estación en cuanto a zonas de ingreso, salida de la estación, ingreso y salida de abordaje, rutas de llegada, mapa de ubicación, iluminación, entre otros.

Una vez definidos los atributos más relevantes, se deben establecer los aspectos que caracterizan y permiten diferenciar y determinar las magnitudes de cada uno de ellos. La caracterización se puede hacer mediante la técnica de la encuesta, en donde se busca determinar

las diferentes variables que inciden en cada atributo o realizar una entrevista o encuesta a los usuarios evaluando cada uno de los atributos por separado, estableciendo así las características de cada uno de ellos.

A continuación se resume la técnica de la encuesta, con la cual se busca recolectar información acerca de la calidad del servicio y luego, mediante un análisis cuantitativo, se establecen conclusiones que se ajusten a los datos recolectados y que se puedan generalizar a toda la población. La encuesta se debe realizar con base en los parámetros obtenidos de la entrevista efectuada previamente.

La calidad del servicio se determina con base en las deficiencias de las estaciones, sus posibles causas se obtienen de acuerdo con las observaciones realizadas en el entorno; entre ellas se pueden establecer deficiencias en el ingreso y salida, en la venta de tickets, en la forma de prestación del servicio, en la ineficiente o inadecuada señalización en el interior, en el comportamiento del usuario, en las demoras excesivas. Las escalas del nivel de servicio se determinan con base en los resultados obtenidos de diferentes parámetros evaluados en las encuestas.

De acuerdo con las observaciones, entrevistas y encuestas realizadas a los usuarios de las estaciones se establecen las características de los atributos de accesibilidad, comodidad, rapidez, seguridad y señalización.

Una vez determinados la calidad del servicio existente y los niveles de servicio percibido por el usuario, se integra el proceso a la planeación participativa, siendo esenciales el diagnóstico de la situación existente y la formulación de acciones conducentes al mejoramiento de la prestación del servicio en la estación.

En cuanto a los niveles de servicio en estaciones, en principio se debe tener en cuenta la distribución que normalmente se presenta

en una estación, la cual está conformada por dos zonas de espera y una zona imaginaria, destinada a los usuarios que desean salir o desplazarse a otro vagón de la estación (figura 1.7).

Adicionalmente, se deben tomar en cuenta dos situaciones para evaluar en las estaciones:

Caso 1: Estación con volumen peatonal sin circulación

En esta estación la circulación peatonal es nula y todos esperan el arribo de los buses.

Para establecer la densidad razonable de pasajeros en las estaciones hay que calcular ini-

cialmente las áreas útiles para espera, la cual resulta de multiplicar el largo de la estación por el ancho. La metodología recomendada en este caso es la empleada en el HCM 2000 para áreas en espacio cerrado.

Caso 2: Estación con ingreso y salida de peatones de la estación

Para este caso, en donde existe un área destinada a la circulación de pasajeros, se recomienda diferenciar el área para la circulación de pasajeros y el área destinada a la espera de los buses.

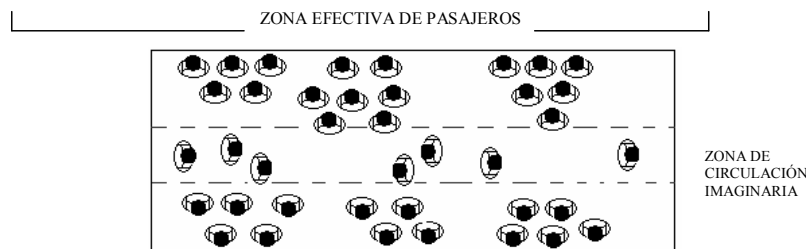


Figura 1.7a.
Zona de espera de una estación de Transmilenio.

Fuente:
Elaboración propia.

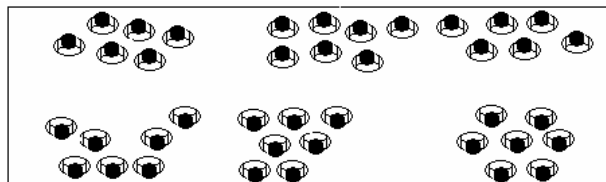


Figura 1.7b.
Estación con volumen peatonal sin circulación.

Fuente:
Elaboración propia.

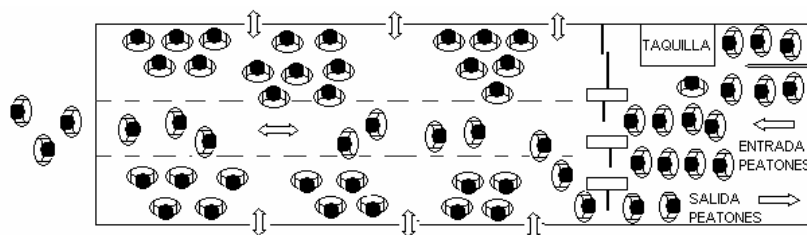


Figura 1.7c.
Estación con ingreso y salida de peatones de la estación

Fuente:
Elaboración propia.

1.5.2 Capacidad en estaciones de transferencia

La capacidad de una estación de transferencia puede definirse en términos de:

- ♦ Número de vehículos que se pueden servir por unidad de tiempo.
- ♦ Número de pasajeros que se pueden transferir por unidad de tiempo.

Desde el punto de vista del movimiento de los vehículos interesa la primera de las capacidades, ya que implica vehículos circulando por la estación y pasajeros moviéndose a través de ese sistema de transporte.

En la ecuación 1.20, si cada sitio de carga se supone ocupado por un solo vehículo, la capacidad de transferencia estará expresada en vehículos por unidad de tiempo (buses/hora).

$$\text{Capacidad de transferencia} = \frac{\text{Nº de sitios carga} * \text{Disponibilidad}}{\text{Tiempo de cupación}} \quad 1.20$$

El número de sitios de carga depende del espacio disponible en la estación. Normalmente éste es un recurso escaso y debe tratar de minimizarse por restricciones físicas y operacionales.

La disponibilidad de sitios se puede expresar como una proporción del tiempo durante la cual el sitio está disponible y dependerá de la forma de operar los sitios y de condiciones externas.

Entre las condiciones de operación están:

- ♦ La forma como se asignan los sitios a los vehículos.
- ♦ La disciplina de entrada y salida de los sitios.
- ♦ La posibilidad de que un vehículo permanezca en el sitio luego de la transferencia.

Entre las condiciones externas se pueden mencionar:

- ♦ Condiciones de tráfico en las inmediaciones.
- ♦ Condiciones meteorológicas.
- ♦ Condiciones legales, entre otras.

El tiempo de ocupación es una función del tipo de objetos que se están transfiriendo y del tipo de vehículos que hacen la transferencia.

Puede describirse mediante datos estadísticos o modelos matemáticos.

Por tanto, los factores que afectan la capacidad en las estaciones de transferencia se pueden clasificar en físicos y operacionales.

Entre los físicos se tienen el número y disposición de sitios; espacios para maniobras de entrada y salida; facilidades para el cargue y el descargue y las características de los vehículos.

Entre los factores operacionales están la asignación y uso de los sitios; cantidad de objetos y vehículos que llegan; forma de las llegadas y tipo de objetos que se transfieren.

En resumen, al igual que la capacidad de circulación por los otros elementos de infraestructura de transporte (vías e intersecciones), la capacidad de estaciones de transferencia debe manejarse con acciones conjuntas de diseño físico y operacional.

1.5.3 Paraderos

Antes de establecer la distancia a la cual deberán estar los paraderos de buses de transporte público, se deben realizar análisis preliminares para determinar, con base en las necesidades del usuario, la ubicación recomendable que presenta las mayores ventajas para cada una de ellas.

La distancia promedio entre puntos de paraderos es un factor que influye en la velocidad de operación, la cual se ve incrementada conforme la distancia entre paraderos aumenta. En zonas urbanas es recomendable distancias entre 300 y 500 metros, con lo cual se tienen velocidades de operación de 15 a 25 km/h. Para áreas suburbanas esta distancia se puede incrementar a 800 m, según la densidad e intensidad del uso del suelo, con lo cual es factible alcanzar velocidades de 20 km/h.

Al establecer la distancia entre paraderos se debe tener presente que una distancia amplia reduce el número total de paraderos en la ruta, con ahorros de tiempo de recorrido y del tiempo de abordaje en la unidad por parte del pasajero. Pero adicionalmente se presenta un incremento en las distancias que debe recorrer el usuario y, con ello, los tiempos de recorrido.

La optimización en el diseño y selección de los paraderos se establece mediante el estudio de ascenso y descenso de pasajeros, con el fin de obtener el número de pasajeros que suben y bajan de un vehículo de transporte público en un paradero o en un tramo de una ruta; adicionalmente, se establecen otros parámetros a evaluar, como:

- ♦ Ocupación visual por tipo de vehículo y nivel de servicio.
- ♦ Estudio de rotación de demanda por ruta y nivel de servicio, el cual permitirá conocer:
 - El comportamiento de la demanda en el corredor.
 - Determinar puntos de alta concentración de la demanda.
 - Cuantificar el número de pasajeros que suben y bajan por ruta y nivel de servicio por tramo a lo largo del corredor.

- ♦ Determinar los tiempos de viaje y retardo, definidos por tramos y en vehículos de transporte público.
- ♦ Determinar el número de tiempo que se requiere para atravesar un corredor en una ruta específica de transporte público.
- ♦ Localizar y cuantificar las demoras.
- ♦ Determinar la velocidad promedio de operación por tramo del servicio de transporte público.

En el sistema de transporte masivo se define la implementación de las estaciones (paraderos), que son los únicos puntos de parada de los servicios troncales para recoger y dejar pasajeros; son espacios cerrados y cubiertos, construidos en aluminio, acero y vidrio soplado, con taquillas a la entrada, y con acceso seguro para los usuarios a través de semáforos, puentes o túneles peatonales.

El sistema de transporte masivo Transmilenio cuenta con tres tipos de estaciones:

Estaciones sencillas

Son los puntos de parada sobre los corredores exclusivos ubicados cada 500 m (aproximadamente cinco cuadras), donde el usuario puede comprar su pasaje y entrar al sistema.

Estaciones de cabecera o portales

Son los puntos de inicio y finalización de las rutas troncales. En estas estaciones se realizan transbordos entre los buses troncales, alimentadores y las rutas de transporte intermunicipal. La tarifa es integrada con los alimentadores, es decir, que no se realiza doble pago; en esta forma el sistema cubre las troncales y zonas periféricas de la ciudad y los municipios vecinos.

Estaciones intermedias

Son puntos de intersección importantes sobre los corredores exclusivos del sistema, en donde los usuarios pueden realizar transbordos entre buses alimentadores urbanos y buses troncales. Al igual que en las estaciones de cabecera, no hay que hacer doble pago.

Para calcular las áreas de las estaciones de parada se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Las frecuencias de viajes de las rutas alimentadoras, considerando la demanda en hora pico de la cuenca de alimentación en el sentido barrio-centro.
- La frecuencia de viajes para los servicios troncales, considerando la demanda máxima en hora pico entre la terminal y el centro.
- Capacidad nominal de 160 pasajeros para los buses articulados (servicios troncales).
- Capacidad nominal de 50 pasajeros para las rutas alimentadoras (capacidad intermedia entre bus convencional y busetas).
- Para las rutas alimentadoras la longitud promedio de la plataforma es de 15 m. El área prevista para el espacio de ascenso

y circulación de los pasajeros es de 7 m en las plataformas de ascenso/descenso, con un área de reserva del 50% de esa área.

- El área calculada para la circulación de los buses considera un ancho de siete metros para los carriles de rodamiento, con una reserva del 100% para permitir la inclusión de espacio para maniobras y giros de los vehículos, accesos a la terminal y un área de reserva si se presenta la situación de espera para entrar a las plataformas.
- Los módulos de servicio pueden ocupar parte del espacio reservado a la circulación de peatones, dependiendo del proyecto de instalaciones de la terminal.

En cada corredor del sistema de transporte masivo Transmilenio se tienen diferentes tipos de estaciones, dependiendo de la demanda y la frecuencia de rutas; cada una de ellas cuenta con 5 m adicionales para el área de cobro y con una longitud suficiente para una ampliación en caso de ser necesario.

A continuación se muestran de manera esquemática los diferentes tipos de estaciones que se han implementado en el sistema.

Estación tipo 1

Figura 1.8.
Estación
tipo 1.

Fuente:
Elaboración
propia.



Está compuesta por tres estaciones, con arribos de diferentes rutas en cada vagón; el

ascenso y el descenso de pasajeros se realizan por ambos costados.

Estación tipo 2

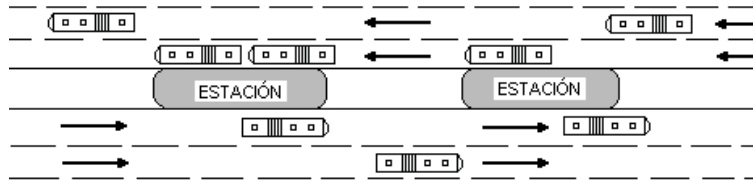


Figura 1.9.
Estación tipo 2.

Fuente:
Elaboración propia.

Está compuesta por dos estaciones, con arribos de diferentes rutas en cada vagón; el

ascenso y el descenso de pasajeros se realizan por ambos costados.

Estación tipo 3

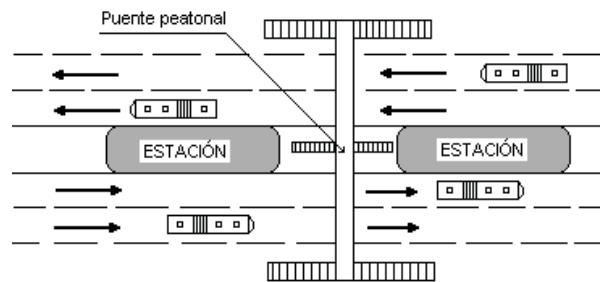


Figura 1.10.
Estación tipo 3.

Fuente:
Elaboración propia.

Está compuesta por dos estaciones, con arribos de diferentes rutas en cada vagón; el ascenso y el descenso de pasajeros se realizan por un solo costado. Para efectuar el cambio

de sentido se debe continuar hasta una estación que tenga ascenso y descenso por ambos costados, para no salirse del sistema.

Estación tipo 4

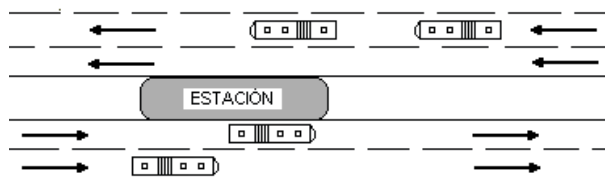


Figura 1.11.
Estación tipo 4.

Fuente:
Elaboración propia.

Está compuesta por una estación con ascenso y descenso de pasajeros por ambos costados del vagón.

Capacidad de paraderos de buses

Como los paraderos se ubican en la calzada, su capacidad puede relacionarse con otros dispositivos viales, como las intersecciones semaforizadas.

Dado que la función principal de los vehículos en una intersección es cruzar por ella, la capacidad de un acceso en una intersección es el máximo número de vehículos que pueden entrar a la intersección por unidad de tiempo. Está capacidad es el inverso del intervalo medio entre vehículos cuando hay una cola tratando de entrar a la intersección. Es decir:

$$Q_i = \frac{3.600}{h} \quad 1.21$$

Donde:

Q_i = capacidad del acceso

h = intervalo medio entre vehículos de la cola (seg).

De igual modo, la capacidad de un paradero se puede definir como “el máximo número de buses por unidad de tiempo que pueden entrar al área de parada” (Gibson *et al.*, 1989). Sin embargo, esta capacidad no está sólo ligada al intervalo medio entre buses cuando hay una cola tratando de entrar al paradero.

Al igual que en otras estaciones terminales, la función principal de los buses en un paradero es detenerse para transferir pasajeros, en lugar de cruzar sólo por el área de parada. Luego, el máximo número de buses que pueden entrar al paradero estará relacionado con el tiempo durante el cual el área de parada está ocupada por buses transfiriendo pasajeros. Es decir:

$$Q_B = \frac{3.600}{t_o} \quad 1.22$$

Donde:

Q_B = capacidad de un paradero (bus/h).

t_o = tiempo de ocupación del área de parada (seg).

El tiempo de ocupación del área de parada depende de los siguientes factores:

- t_L = tiempo de frenado y aceleración en el paradero (seg).
- t_p = tiempo detenido transfiriendo pasajeros (seg).
- t_e = esperas internas por bloqueo de la salida (seg).
- n/s = tiempo necesario para recorrer el paradero (seg).
- n = número de sitios de paradero.
- s = flujo de saturación de la pista del paradero (bus/seg).

Si el área de parada está compuesta por un solo sitio, pero no libre de obstrucciones, entonces (Fernández, 1998):

$$t_o = t_L + t_p + t_e + \frac{1}{s} = t_c + t_p + t_e \quad 1.23$$

Donde:

$t_c = t_L + 1/s$: tiempo de despeje del sitio (seg).

Si el área de parada tiene varios sitios contiguos y linealmente dispuestos, la capacidad puede estimarse imaginando que el paradero opera con un proceso cíclico de bloqueo y desbloqueo de su entrada, al igual que una intersección semaforizada. Así, la capacidad puede expresarse como (Gibson *et al.*, 1989):

$$Q_B = \frac{3.600 n}{T} \quad 1.24$$

Donde:

n = número medio de buses que puede entrar al paradero en un período de desbloqueo.

T = tiempo de ciclo entre estados similares del paradero (seg).

Los estados sucesivos del paradero son dos:

- ♦ Entrada bloqueada durante un período t_b .
- ♦ Entrada libre durante un período t_d .

Luego, el tiempo de ciclo se descompone de la siguiente manera:

$$T = t_b + t_d \quad 1.25$$

Donde:

$t_b = t_L + t_p + t_e$: tiempo de bloqueo del sitio que impide la entrada (seg).

$t_d = \frac{n}{s}$: tiempo de "llenado" del paradero (seg).

En el caso de sitios linealmente dispuestos y disciplina Fifo (*First In First Out*, el primero en entrar es el primero en salir), el sitio que impide la entrada es el último.

Combinando las ecuaciones 1.24 y 1.25, la capacidad, en buses hora, de un paradero de sitios múltiples se puede expresar como:

$$Q_B = \frac{3.600 n}{t_b + \frac{n}{s}} \quad 1.26$$

En la anterior ecuación, el número de vehículos $\tilde{n}$ que puede entrar al paradero es tanto función de características físicas, como el número n de sitios, como operacionales, es decir, la forma de usar estos sitios; en general, $\tilde{n}$ y n . Así mismo, las componentes de t_b se pueden relacionar con variables físicas y de operación.

El tiempo t_L de aceleración y frenado estará condicionado por el tipo de buses que sirven al paradero y su forma de conducción. Así:

$$t_L = \frac{1}{2} \left(\frac{V_r}{a} + \frac{V_r}{f} \right) = \frac{V_r}{\gamma} \quad 1.27$$

Donde:

V_r : velocidad media de recorrido de los buses (m/seg).

a : tasa media de aceleración de los buses (m/seg²).

f : tasa media de frenado de los buses (m/seg²).

γ : media armónica de las tasas de aceleración y frenado (m/seg²).

El tiempo t_p para transferir pasajeros depende de la cantidad de pasajeros que suben y bajan de cada bus en el paradero. Esto se puede expresar como:

$$\begin{aligned} &\beta_o + (\beta_1 P_s + \beta_2 P_b) \dots\dots\dots \\ &\text{subidas/bajadas sucesivas} \quad 1.28 \\ &\beta_o + \max(\beta_1 P_s + \beta_2 P_b) \dots\dots\dots \\ &\text{subidas/bajadas simultáneas} \end{aligned}$$

Donde:

β_o : tiempo muerto por detención –por ej., abrir/cerrar puertas– (seg).

β_1 : tiempo marginal de subida por pasajero (seg/pas).

β_2 : tiempo marginal de bajada por pasajero (seg/pas).

P_s : número de pasajeros que sube al bus (pas).

P_b : número de pasajeros que baja del bus (pas).

Las esperas internas t_e se deben a fenómenos de congestión dentro del área de parada. Tal como en otras terminales, es el período durante el cual un bus no puede acceder a un sitio o abandonarlo debido a restricciones impuestas por los otros vehículos o por condiciones de tráfico. En el caso de un paradero con sitios linealmente dispuestos y disciplina Fifo, corresponderá al tiempo t_b del sitio aguas abajo.

La interdependencia entre las componentes t_b y $\tilde{n}$ en paraderos de sitios múltiples for-

ma un complejo sistema de interacción entre pasajeros y buses en el interior del paradero, lo que hace difícil calcular el valor de la capacidad con expresiones analíticas, excepto para condiciones muy particulares. Por ejemplo, sitio único, llegadas de pasajeros y buses a intervalos constantes, ausencia de congestión interna, entre otros.

A continuación se muestran algunos valores de capacidad (tabla 1.26):

Tabla 1.26.
Capacidades prácticas de paraderos.

Tipo de operación	Orden ¹			Desorden ²	
Tasa subida (pax/bus)	12	8	4	2	8
Tasa bajada (pax/bus)	6	4	2	1	4
Número de sitios	CAPACIDAD PRÁCTICA ³ (bus/h)				
2	60	80	100	130	70
3	80	105	125	160	80

Nota: ¹ Disciplina Fifo, buses paran una vez en el sitio más próximo a la salida.

² Adelantamiento permitido (AP), detenciones múltiples y en cualquier sitio.

³ Estimada para un grado de saturación 0,6.

Fuente:
Gibson y
Fernández,
1995.

Se ha observado que un funcionamiento apropiado de un paradero se obtiene para grados de saturación menores de 0,65 (Gibson y

Fernández, 1995). Los valores de capacidad de la tabla 1.25 corresponden a un grado de saturación igual a 0,6. Éste será el grado de saturación práctico de paraderos (notar la diferencia con el valor 0,9 en semáforos). En tales circunstancias, la longitud media de cola a la entrada del paradero será de 0,5 buses, o sea, a lo más un bus el 50% del tiempo, y la demora media resultará de aproximadamente 60 seg por bus.

En resumen, las capacidades necesarias para que los paraderos simples operen eficientemente están entre 60 y 160 buses por hora. Además, la influencia de intersecciones semaforizadas cercanas puede producir reducciones cercanas al 40% en la capacidad (Gibson y Fernández, 1996). Como regla práctica muy general, se puede considerar un valor de 30-60 bus/h/sitio, dependiendo principalmente de la tasa de subida de pasajeros por bus y de la disciplina de uso de los sitios.

Adicionalmente, se sugieren valores para configuraciones lineales de sitios con posibilidades de adelantamiento entre los buses, y sin ellas (tabla 1.27); éstos son valores empíricos, que surgieron de observaciones en terminales de buses. También se establece que cualquier otra configuración de sitios, aparte de la lineal, produce sitios completamente efectivos.

Tabla 1.27.
Eficiencia de las bahías de ascenso múltiples longitudinales para buses.

Bahía de ascenso Núm.	Estaciones fuera del carril de circulación		
	Eficiencia, %	Fifo	Núm. acumulado de bahías de ascenso efectivas **
1	100	1,00	1,00
2	85	1,75	1,85
3	75	2,25	2,60
4	65	2,45	3,25
5	50	2,50	3,75

Nota: ** HCM 2000. En los valores correspondientes a las estaciones en el carril de circulación se supone que los buses no pueden rebasar a los vehículos parados.

Fuente:
R. Fernández,
Teoría de
Tráfico, 1999.

El tiempo promedio de ocupación tiene diferentes expresiones, de acuerdo con el número y función de las puertas del bus:

- Para una puerta de subida y bajada: $t_d = t_{1p_s} + t_{2p_b}$
- Para dos puertas, una de subida y otra de bajada: $t_d \max \{ t_{1p_s} ; t_{2p_b} \}$

Donde:

t_1 : tiempo de subida por pasajero (seg/pas.).

t_2 : Tiempo de bajada por pasajero (seg/pas.).

p_s : número de pasajeros que suben al bus en los 15 min de máxima demanda.

p_b : número de pasajeros que bajan al bus en los 15 min de máxima demanda.

1.6 SEGURIDAD

Básicamente tiene que ver con la protección brindada a los usuarios contra accidentes y crímenes.

En cuanto al comportamiento del conductor se puede establecer la percepción del usuario frente al trato con el pasajero, la actitud frente a las normas de tránsito, forma de conducir y en general el comportamiento durante el viaje.

Para los paraderos se pueden identificar variables como estado de la señalización, iluminación, mantenimiento, seguridad y estado de las instalaciones.

En los vehículos se establecen como variables mínimas que hay que medir la edad, es-

tado mecánico, características internas y la seguridad dentro del vehículo.

Finalmente, se puede evaluar el comportamiento de la autoridad de tránsito en cuanto a cubrimiento espacial y temporal, aplicación de las medidas correctivas, aplicación de medidas preventivas y actuación en general.

1.7 ECONOMÍA

Este atributo está directamente relacionado con los costos de la tarifa, la cual deberá ser una consecuencia de la calidad del servicio ofrecido y de la intervención de insumos que componen el costo del transporte.

El atributo del costo del transporte está directamente relacionado con los anteriores atributos, por lo que se recomienda establecer la relación entre el costo y el ingreso promedio (por grupo familiar y en un determinado tiempo), con el fin de poder conformar una escala adecuada, que represente de manera óptima los estados de calidad. Los resultados se obtienen de la encuesta en donde a los usuarios se les pregunta sobre el valor de la tarifa que más se ajusta a cada uno de los niveles de servicio.

El gasto mensual por nivel de servicio se obtiene con base en el número de viajes mensuales del grupo familiar multiplicado por el valor de tarifa seleccionado. Ahora bien, de la relación entre el gasto mensual y los ingresos mensuales promedio se obtiene en forma porcentual el indicador de la calidad del servicio. Para una mejor ilustración, a continuación se relaciona un ejemplo de los resultados obtenidos del estudio en la ciudad de Tunja.

Tabla 1.28.
Nivel de servicio
con base en la
relación gastos/
ingresos.

Fuente: Cálculos
obtenidos de la
aplicación del método
en la ciudad de Tunja
en 1999.

Nivel de servicio	Valor declarado (en pesos)	Gastos mes transporte (en pesos)	Relación gastos/ingresos (%)
A	195	26.676	4,4
B	275	37.690	6,2
C	324	44.323	7,3
D	398	54.446	8,9
E	505	69.084	11,3
F	> 505	-	> 11,3

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Consorcio Cal y Mayor y Asociados - Duarte Guterman y Cía. Ltda. (2005). Propuesta y plan de trabajo para la formulación del Plan Maestro de Movilidad para Bogotá que incluye ordenamiento de estacionamientos. Bogotá, Informe Avance 2.

Comisión de Transporte Urbano (1998). *Estudio de investigación de metodología de análisis y*

seguimiento de transporte público. Informe final, vol. I. Santiago de Chile. Pp. 24-25.

Dueñas, Domingo (2001). Transporte público colectivo urbano. Parte 3, Calidad del servicio. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Fernández, R. (1999). Teoría de tráfico. División Ingeniería de Transporte, Universidad de Chile.

Highway Capacity Manual (2000). Washington, D.C. Transportation Research Board.

2

Programas para Transporte Público

CONTENIDO

2.1	PROGRAMAS PARA LA EVALUACIÓN DE RUTAS Y PARADEROS	2-5
2.1.1	Generalidades del <i>Software</i> HCS 2000	2-6
2.1.1.1	Alcances	2-6
2.1.1.2	Organización del HCS 2000	2-6
2.1.1.3	Operación del programa HCS 2000	2-7
2.1.1.4	Datos y ruta de datos del HCS 2000	2-7
2.1.1.5	Archivos de datos del HCS 2000	2-8
2.1.1.6	Menús específicos del HCS 2000	2-8
2.1.2	Módulo de análisis de transporte público (HCS 2000)	2-10
2.1.2.1	Sección de análisis del transporte público	2-10
2.2	SIMULACIÓN DE PARADEROS. IRENE	2-12
2.2.1	Descripción	2-13
2.2.2	Alcances	2-13
2.2.3	Beneficios y utilidades	2-14
2.2.4	Componentes del Irene	2-14
2.2.5	Operación del Irene	2-15
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2-18

FIGURAS

Figura 2.1	Estructura principal del programa HCS	2-7
Figura 2.2	Menú principal HCS 2000	2-7
Figura 2.3	Módulos de análisis del programa HCS 2000	2-7
Figura 2.4	Configuración general típica de los módulos específicos de análisis HCS 2000	2-8
Figura 2.5	Módulo de análisis de transporte público HCS 2000	2-10
Figura 2.6	Módulo de análisis de transporte público HCS 2000	2-11
Figura 2.7	Cálculo de tiempo de demora del transporte público	2-11
Figura 2.8	Información de la ruta de transporte público	2-12
Figura 2.9	Información de la parada de buses de transporte público	2-12
Figura 2.10	Análisis de las paradas de buses de transporte público	2-13
Figura 2.11	Menú principal del programa Irene	2-15
Figura 2.12	Datos considerados en una nueva configuración de paradero en Irene	2-16
Figura 2.13	Parámetros de Irene	2-17
Figura 2.14	Simulación de la operación de paraderos en Irene	2-17
Figura 2.15	Resultados de la simulación de la operación de paraderos en Irene	2-18

TABLAS

Tabla 2.1	Extensiones de archivos de análisis en el HCS 2000	2-8
Tabla 2.2	Barra de menús y submenús de los módulos específicos HCS 2000	2-9
Tabla 2.3	Barra de menús y submenús del Irene	2-15

La ingeniería de transporte tiene como fin principal la aplicación de principios científicos para analizar la movilización de pasajeros a bordo de unidades transportadoras especializadas en las ciudades entre los principales centros de negocios y sus viviendas, teniendo en cuenta el sistema de actividades de la población; por esta razón, conlleva aspectos de importancia en los campos macroscópico y microscópico. En el primer caso, se analizan y definen las rutas presentes en la ciudad, estableciendo así la cobertura geográfica, la accesibilidad y hasta su flexibilidad, para definir finalmente la red de rutas de la ciudad, los tipos y su estructura, mediante la aplicación de programas de planeación de transporte, como ya se ha mencionado anteriormente. En el segundo caso, los programas utilizados en la ingeniería de transporte analizan la relación básica existente entre la infraestructura (terminales o paraderos), los usuarios y las unidades transportadoras destinadas al uso de pasajeros.

En el caso de las unidades transportadoras de pasajeros (buses, busetas, colectivos, intermedios, ejecutivos), a diferencia de los vehículos automotores, éstos sólo pueden movilizarse en ciertas vías y en determinados intervalos de tiempo. Es de anotar que la capacidad vial para los automóviles se encuen-

tra disponible las 24 horas del día, una vez construida la vía, y en el caso de la capacidad ofrecida por los sistemas de transporte público colectivo (servicio a pasajeros), ésta se encuentra limitada al número de unidades que operan en un intervalo de tiempo determinado. Los principales aspectos estudiados en la movilización de pasajeros tienen en cuenta:

- Evaluación del servicio.
- Evaluación de rutas.
- Ubicación del paradero.
- Configuración del paradero.
- Distancia entre paraderos.
- Dimensionamiento de paraderos.
- Capacidad del paradero.
- Diagnóstico del funcionamiento de paraderos.

2.1 PROGRAMAS PARA LA EVALUACIÓN DE RUTAS Y PARADEROS

El programa de mayor utilización dentro del contexto de las condiciones americanas es el HCS 2000, cuyo módulo para evaluación del funcionamiento de las rutas y puntos de parada, toma en cuenta las condiciones prevalentes de la vía, el tránsito y los dispositivos de control del tránsito, lo cual permite involucrar en la evaluación el funcionamiento de la ruta y los paraderos.

2.1.1 Generalidades del software HCS 2000

El Centro de Microcomputadores en Transporte (Center for Microcomputers in Transportation: McTrans) de la Universidad de la Florida en Gainesville (Estados Unidos), desarrolló el HCS como complemento a la implementación del HCM. Por lo mismo, se seleccionó para realizar análisis de capacidad y niveles de servicio en todos los tipos de infraestructuras viales.

La versión actual del HCS (versión 4) se conoce como HCS 2000, la cual ha tenido diferentes actualizaciones desde el momento en que se comenzó a distribuir comercialmente.

2.1.1.1 Alcances

Los alcances del HCS se encuentran divididos en tres niveles de análisis principalmente:

Análisis operacional

Está enfocado a analizar las condiciones existentes o anticipadas, gracias a lo cual se tienen decisiones sobre la implementación de mejoras de bajo costo. En el caso del transporte público se establece información acerca de:

- ♦ Espaciamiento y ubicación de paraderos.
- ♦ Frecuencia de servicio de buses.
- ♦ Adición de un carril.

Se realizan comparaciones entre diferentes alternativas a corto y mediano plazos, permitiendo establecer programas de mejoramiento vial. Para este nivel de análisis es necesario contar con datos detallados.

Análisis de diseño

Este nivel de análisis se utiliza para establecer las características físicas detalladas que le permiten a un sistema nuevo o modificado operar a un nivel de servicio deseado. Los proyectos de diseño se llevan a cabo para implementarlos a mediano y largo plazo. Con este análisis se busca allegar información acerca del dimensionamiento de bahías para buses.

Los datos requeridos para diseño son relativamente detallados y están basados en los atributos del diseño propuesto. Sin embargo, el enfoque a mediano y largo plazos requiere el uso de ciertos valores por defecto.

Análisis de planeamiento

Está dirigido hacia las estrategias a largo plazo y el establecimiento de requerimientos con varios escenarios de análisis que permiten predecir el desempeño del sistema. El análisis brinda información acerca de:

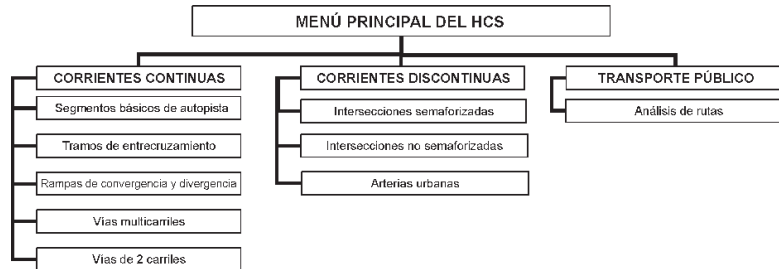
- ♦ Conjunto de rutas de buses.
- ♦ Pronóstico del comportamiento de un sistema.

2.1.1.2 Organización del HCS 2000

La organización del programa HCS es muy similar a la del manual HCM. En la figura 2.1 se ilustra la estructura del HCS, que se compone de tres módulos básicos: el de corrientes de flujo continuo, el de corrientes de flujo discontinuo y el de transporte público. A su vez, de cada uno de estos módulos principales se desprenden los diversos programas computacionales actuales de análisis del HCS.

Figura 2.1.
Estructura
principal del
programa
HCS.

Fuente:
Elaboración
propia.



2.1.1.3 Operación del programa HCS 2000

En esta sección se describen las características fundamentales del programa HCS 2000 (HCS versión 4.1e). El HCS presenta diversos módulos de análisis que el usuario puede visualizar mediante menús, como se presenta a continuación:

Figura 2.2.
Menú
principal
HCS 2000.

Fuente:
Elaboración
propia.
HCS 2000
versión 4.1e.

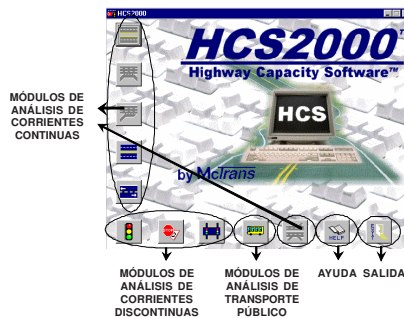


Figura 2.3.
Módulos de
análisis del
programa
HCS 2000.

Fuente:
Elaboración
propia.
HCS 2000
versión 4.1e.



El menú principal del HCS (figura 2.2) contiene los tres módulos principales de análisis: el análisis de corrientes de flujo continuo y discontinuo, y el análisis de transporte público. Cada uno de los módulos específicos presentados en las diferentes corrientes de análisis muestran también en el HCS su relación directa con las infraestructuras de análisis que se pueden analizar en dicha versión. En la figura 2.3 se pueden ver los módulos específicos de análisis del HCS.

Los análisis que se pueden llevar a cabo mediante el HCS, de las diferentes corrientes vehiculares, se encuentran relacionados con los archivos que presentan extensiones específicas, tal como se precisa a continuación.

2.1.1.4 Datos y ruta de datos del HCS 2000

El HCS tiene una estructura de archivos flexible. Está diseñado de tal manera que todos los archivos de programa residen en un subdirectorio que el usuario puede prefijar o definir a medida que realiza los análisis correspondientes, además de que los archivos de datos pueden residir en uno o más subdirectorios distintos. Esto permite manipular datos sin que accidentalmente se destruyan los archivos de programa.

Debido a que los diversos módulos del HCS usan extensiones de archivos únicas, los datos para los módulos pueden residir en un simple subdirectorio de datos, pero cada módulo específico de análisis despliega solamente sus propios datos en la lista de archivos. La ruta de datos por defecto es la especificada en la pantalla Edit...Settings...Default (Data). Éste es el procedimiento por el cual se define la ruta en la que se grabarán los datos y desde la cual los datos serán cargados, a menos que se especifique otra cosa en la línea de comando. Ésta será la ruta desplegada como “subdirectorio” en las pantallas del menú principal.

2.1.1.5 Archivos de datos del HCS 2000

Cada uno de los módulos del HCS mantiene los datos con un nombre de archivo específico, en la siguiente forma:

nombre del archivo.hcn

Donde “nombre del archivo” es el nombre primario asignado y la letra “n” corresponde al módulo de análisis del HCS aplicado al análisis deseado. El formato de datos de cada módulo es único, por lo que las extensiones de

los archivos se generan automáticamente y no debe cambiarse. La lista completa de las extensiones de los archivos de datos del HCS se presenta a continuación (tabla 2.1).

Extensión	Módulo de análisis
*.hcf	Segmentos básicos de autopista
*.hcn	Tramos de entrecruzamiento
*.hcr	Rampas de convergencia y divergencia
*.hc2	Vías de dos carriles
*.hcs	Intersecciones semaforizadas
*.hcu	Intersecciones de prioridad
*.hca	Arterias urbanas
*.hct	Transporte público

Tabla 2.1.
Extensiones de archivos de análisis en el HCS 2000.

Fuente:
Elaboración propia.

2.1.1.6 Menús específicos del HCS 2000

La información que se presenta en esta sección es de uso genérico para todos los módulos del HCS 2000; sin embargo los detalles precisos, como los menús de los módulos, pueden variar de acuerdo con cada módulo específico del programa. En la figura 2.4 se muestra un ejemplo de la configuración general típica de los módulos específicos presentados en el HCS.

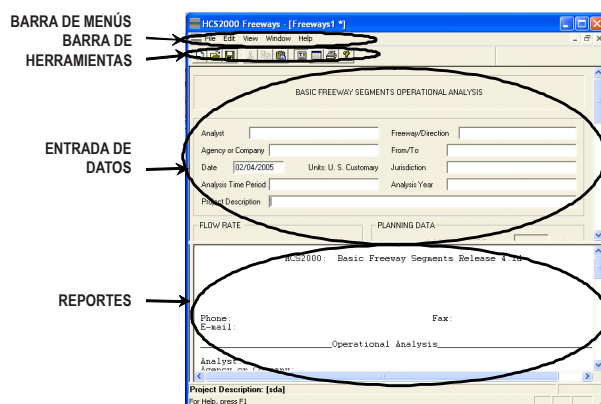


Figura 2.4.
Configuración general típica de los módulos específicos de análisis HCS 2000.

Fuente:
Elaboración propia.
HCS 2000, versión 4.1e.

El HCS se encuentra compuesto por las barras de menús y la barra de herramientas, que tienen la función básica de permitir el manejo y la manipulación de archivos de los análisis realizados, efectos de visualización y la ayuda. Adicionalmente, el HCS presenta dos ventanas principales: en la primera se hace referencia a la entrada de datos del programa y en la segunda se presentan los reportes de salida de los análisis. En la tabla 2.2 se observa el resumen de

posibilidades de la barra de menús del HCS para las funciones básicas que se relacionan en la barra de menús mientras que en la barra de herramientas se presentan iconos especiales que permiten el acceso directo a funciones específicas como abrir archivos, guardar, cortar, copiar, pegar, imprimir, entre otras, con lo cual el usuario puede realizar en forma directa muchos de los procedimientos descritos en la tabla 2.2.

Tabla 2.2.
Barra de menús y submenús de los módulos específicos HCS 2000.

Menú principal	Submenú	Función
File	New	Creación de un nuevo archivo e inicialización de un nuevo proyecto de análisis.
	Open	Abrir un archivo existente.
	Close	Cerrar el archivo existente.
	Save	Grabar un archivo abierto utilizando el nombre designado actualmente.
	Save as	Grabar un archivo abierto utilizando el nombre específico nuevo.
	Save Report	Grabar el reporte como un archivo de texto. (Disponible solamente cuando el cursor se encuentre en la ventana de visualización del reporte).
	Print	Imprime el reporte a la impresora o a un archivo de texto especificado. (Disponible solamente cuando el cursor se encuentre en la ventana de visualización del reporte).
	Print Setup	Selección de impresora y conexión de la impresora.
	Send...	Envío del reporte activo a través de correo electrónico.
	Exit	Salida del módulo.
Edit	Undo	Deshacer la operación de edición previa.
	Cut	Borrado de los datos y almacenamiento en el bloc de notas.
	Copy	Copiado de datos en el bloc de notas.
	Paste	Pegado de datos del bloc de notas en el campo de entrada de datos o en el reporte.
	Agency	Permite grabar información de la entidad que realiza el análisis para la impresión de reportes.
View	Restore	Restaura los valores por defecto en todos los campos que tenían valores calculados.
	Toolbar	Permite la visualización o no de la barra de herramientas.
	Status Bar	Permite la visualización o no de la barra de estado.
	Text Report	Permite la visualización o no del reporte de salida del análisis.
	Formatted Reports	Permite la visualización o no del reporte de salida del análisis.
Window	Cascade	Permite la organización de varias ventanas de análisis dentro del módulo de análisis que se tenga activado en cascada.
	Tile Horizontally	Permite la organización de varias ventanas de análisis dentro del módulo de análisis que se tenga activado compartido horizontalmente.
	Tile Vertically	Permite la organización de varias ventanas de análisis dentro del módulo de análisis que se tenga activado compartido verticalmente.

Fuente:
Elaboración propia.
HCS 2000,
versión 4 1e.

Menú Principal	Submenú	Función
	Split bar	Permite realizar divisiones de las ventanas de entrada de datos y de salida de reportes.
Help	Help Topics	Llama la guía de ayuda.
	HCS 2000 Updates	Lleva al usuario a través de internet a McTrans para revisar nuevas versiones del HCS 2000 para potenciales descargas.
	HCM/HCS 2000	Lleva al usuario a través de internet a la página de cursos de Training McTrans para conocer las últimas noticias al respecto.
	HCM 2000	Lleva al usuario a través de internet a la página del TRB HCM 2000. WebBoard para conocer la notificación de modificaciones a páginas, erratas del HCM.
	About	Presentación de información general, versión del programa, correo electrónico (e-mail) de McTrans y vínculos a páginas del HCS 2000.

Tabla 2.2.
Barra de menús y submenús de los módulos específicos HCS 2000.
(continuación)

Fuente:
Elaboración propia.
HCS 2000, versión 4.1e.

2.1.2 Módulo de análisis de transporte público (HCS 2000)

El menú específico de análisis de transporte público se presenta en la figura 2.5, a partir del cual se procede entonces a iniciar un nuevo análisis. El usuario debe seleccionar el sistema de unidades a utilizar, es decir, si es el sistema métrico o el sistema americano, luego de lo cual aparece la presentación del módulo de análisis de transporte público, compuesto por una sección de información general, una

sección de cálculo de tiempo de recorrido, información de la ruta, información y análisis de la parada del bus y las salidas del análisis (figura 2.5).

2.1.2.1 Sección de análisis del transporte público

A continuación se describen las principales secciones consideradas en el análisis de transporte público, de acuerdo con lo que aparece en la figura 2.6.

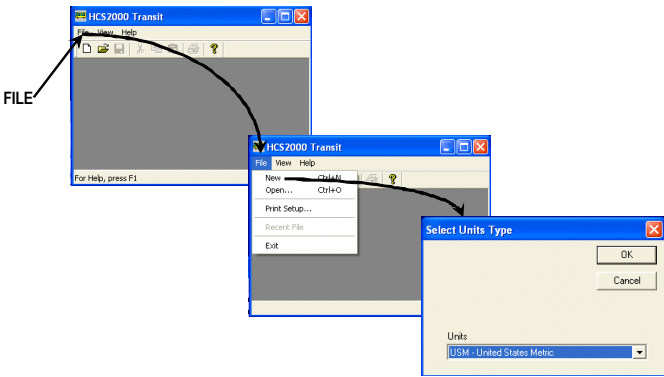


Figura 2.5.
Módulo de análisis de transporte público HCS 2000.

Fuente:
Elaboración propia.
HCS 2000, versión 4.1e.

Figura 2.6.
Módulo de
análisis de
transporte
público HCS
2000.

Fuente:
Elaboración
propia,
HCS 2000,
versión 4.1e.

Figura 2.7.
Cálculo de
tiempo de
demora del
transporte
público.

Fuente:
Elaboración
propia,
HCS 2000,
versión 4.1e.

Dentro de la información general se relacionan los datos de interés del proyecto que se está analizando, tales como el nombre del profesional que lo ejecuta, la empresa, fecha, período de análisis, descripción del proyecto, nombre del sistema que se está analizando, nombre de la ruta y año de análisis del proyecto.

Cálculo del tiempo de demora

Se relaciona la información que afecta el cálculo del tiempo de demora de la ruta de análisis, considerando la demanda de pasajeros de ascenso y descenso de la ruta, el tipo de bus utilizado, el tiempo empleado en ascensos y descensos de los pasajeros, las características del bus, el factor de hora pico, el número de asientos, el ajuste por estacionamientos de bicicletas, rampas de acceso y el coeficiente de variación de los tiempos de demoras presentado. En la figura 2.7 se muestra en detalle el cálculo de tiempo de demora.

Información de la ruta

Se debe relacionar la información correspondiente a la ruta que se analiza, considerando información particular como volúmenes de buses registrados por hora, volúmenes de vehículos registrados por hora, número de carriles presentados, existencia o no de carriles exclusivos para los buses, establecimiento de características de la zona de análisis (centro de negocios o no), tipo de ruta (tipos 1, 2 o 3, de acuerdo con la disponibilidad del uso de carriles que pueda tener la ruta). En la figura 2.8 se presenta información detallada de la ruta de transporte público.

Figura 2.8.
Información de la ruta de transporte público.

Fuente:
Elaboración propia.
HCS 2000, versión 4.1e.

Figura 2.9.
Información de la parada de buses de transporte público.

Fuente:
Elaboración propia.
HCS 2000, versión 4.1e.

Análisis de las paradas de buses

En esta sección se analizan las paradas de los buses, para lo cual se debe considerar la información relacionada en las secciones anteriores, con lo que se establece la capacidad del área del paradero con base en el tiempo de demora de las paradas, el tiempo de despeje, la capacidad de los carriles de buses y las características operacionales de los buses. La información considerada para realizar la evaluación de las paradas incluye los valores de capacidad y volú-

menes en el carril de análisis y en el adyacente, así como la cantidad de espacios de paradas y los valores de la relación de verde efectivo por ciclo semafórico que se tenga. En la figura 2.10 se presenta el análisis detallado de las paradas de buses de transporte público.

2.2 SIMULACIÓN DE PARADEROS. IRENE

El programa Irene, utilizado en los análisis de evaluación de funcionamiento de trans-

intervalo mínimo y efectos de apelo-tonamiento, y desde una intersección semaforizada aguas arriba, a la cual llegan aleatoriamente y en que pueden compartir carril con flujos de automóviles.

- ♦ La entrada al área de parada es con disciplina Fifo.
- ♦ Uso de sitios. Se admite que para transferir pasajeros haya detención única o múltiple (con tasa promedio conocida). En el primer caso, la detención puede realizarse en cualquier sitio o en aquel disponible más próximo a la salida, mientras que en el segundo caso las detenciones se distribuyen aleatoriamente entre los sitios.
- ♦ La detención de pasajeros: su duración está determinada por el número de pasajeros que sube y baja por la puerta crítica y parámetros de tiempo unitario por operación.
- ♦ Al realizar los análisis sin efectuar la animación, la ejecución se realiza en menor tiempo y se pueden hacer, por tanto, más de una corrida. Para obtener estimadores representativos es necesario hacer múltiples corridas de cada caso, por estar envueltos procesos estocásticos. En este aspecto, el programa entrega estimadores de varianza para ayudar en la elección del número de corridas adecuado.

2.2.3 Beneficios y utilidades

El programa Irene contiene distintos modelos internos estructurados en forma tal, que facilitan la introducción de nuevas opciones. Luego de realizar análisis mediante el Irene, se obtienen estos resultados:

- ♦ Capacidad del paradero.
- ♦ Demora en cola.
- ♦ Demora por congestión interna (en cualquiera de sus casos).

- ♦ Demora por movimiento de pasajeros.
- ♦ Longitud media de la cola y longitud al final del período.

El programa tiene la opción de mostrar en pantalla una visión animada de la simulación y algunos de los resultados que se producen, además de un archivo de salida más completo.

En resumen, la mayor utilidad del programa reside en que permite explorar la influencia de diversos factores sobre la capacidad y las demoras de un paradero, permitiendo así entregar recomendaciones de diseño que optimicen la operación dentro del mismo.

2.2.4 Componentes del Irene

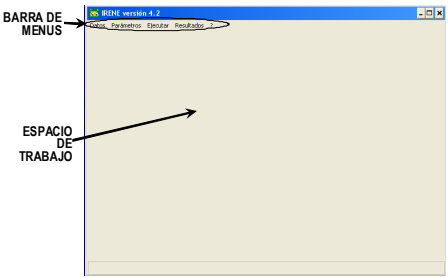
El programa Irene cuenta con cuatro componentes básicos que permiten la generación de nuevos análisis, la entrada de datos específicos, un módulo de ejecución de la simulación y, finalmente, un módulo de presentación de resultados, así:

- ♦ *Nueva configuración.* Es el manejador principal de la entrada de datos básicos sobre el paradero que se esté analizando.
- ♦ *Parámetros.* Comprende el módulo de entrada de datos necesarios para ejecutar los análisis de los diferentes tipos de intersecciones.
- ♦ *Ejecución.* Comprende el módulo de procesamiento y análisis del modelo de simulación.
- ♦ *Resultados.* Comprende el módulo de salida de información que se obtiene de la ejecución del programa de simulación Irene.

Éste es un programa que funciona con la plataforma Windows y que opera con menús para el acceso a los diferentes módulos.

Figura 2.11.
Menú principal del programa Irene.

Fuente:
Elaboración propia,
S.C. Irene,
versión 4.1e.



2.2.5 Operación del Irene

En esta sección se describen las características fundamentales del programa (versión 4.2). El Irene presenta diversos módulos de apoyo que el usuario puede visualizar por medio de menús (figura 2.11).

A continuación se presenta el resumen de posibilidades de la barra de menús y submenús de los módulos específicos del Irene (tabla 2.3).

Tabla 2.3.
Barra de menús y submenús del Irene.

Fuente:
Elaboración propia,
Irene,
versión 4.2.

Menú principal	Submenú	Función
Datos	Nuevo	Acceso a la creación de una nueva configuración de paradero.
	Modificar	Permite modificar la configuración de paradero que se esté trabajando.
	Abrir	Acceso a los archivos guardados en la ruta específica de localización de archivos del programa Irene.
	Guardar	Guarda el archivo existente utilizando un nombre específico.
	Salir	Salida y cierre del archivo existente del programa Irene.
Parámetros	Temporales	Permite el acceso a los parámetros considerados por el programa Irene.
	Valores por defecto	Modificación permanente de los valores de los parámetros del programa Irene.
	Rangos por defecto	Modificación permanente de los rangos de los parámetros del programa Irene.
Ejecutar	Archivo de resultados	Se especifican la ruta y el nombre que tendrá el análisis que se realice mediante el programa Irene.
	Simulación animada	Se verifica la realización de la simulación animada del análisis del programa Irene.
	Repeticiones	Se define el número de repeticiones que tendrá el modelo de simulación.
	Ejecutar	Se define la instrucción de procesamiento y análisis del modelo.
Resultados	Archivo	Permite abrir el archivo de resultados que se ejecutó mediante el programa Irene.
	Última	Permite visualizar los resultados del último análisis realizado en ejecución el programa Irene.
?	Acerca de Irene	Presenta la información básica de la versión del Irene y los desarrolladores del programa.

Menú principal de nueva configuración

El menú principal de una nueva configuración permite la entrada de datos de características del paradero, de la demanda, de las características de los dispositivos semafóricos presentados corriente arriba o las características del dispositivo corriente abajo. En la figura 2.12 se muestran los datos considerados en el establecimiento de una nueva configuración.

Los datos básicos considerados dentro de una nueva configuración incluyen características del paradero, tales como la identificación, los datos físicos del paradero que hay que analizar –el número de sitios, la longitud de cada sitio, la cola crítica en buses y el flujo de saturación en buses/hora– y también se define la modalidad de operación del paradero y de los buses al tener en cuenta aspectos como permisos de circulación, congestionamiento en andenes, llegadas de buses, paso obligatorio por los sitios de parada y la existencia o no de puertas especializadas.

En el caso de la demanda que se debe especificar en el programa de análisis de Irene, se incluyen aspectos referentes al período de simulación y otros como el flujo total de buses por hora, el porcentaje de transferencia de pasajeros y el porcentaje de ocupación. Igualmente, hay que definir aspectos referentes a los pasajeros y a las detenciones.

En el caso de la información de los dispositivos semafóricos corriente arriba, se especifican aspectos de las características de la línea de detención, como la distancia a la cual se encuentra el paradero, el volumen de vehículos por hora, el porcentaje de vehículos que realizan giros, el flujo de saturación y factores de equivalencia. Se especifica también información del dispositivo semafórico, como tiempo de ciclo, el tiempo de verde suministrado al carril y la demora media de paradero intermedio. Para el caso de localización de semáforos corriente abajo, se especifica información similar a la descrita anteriormente.

The figure displays four screenshots of the Irene 4.2 software interface, showing the 'Nueva Configuración' (New Configuration) menu for different components:

- Top Left: Nueva Configuración (General)**
 - Identificación: [Field]
 - Está formalizado: ☐
 - Hay semáforo aguas arriba: ☐
 - Hay semáforo aguas abajo: ☐
 - Modalidad de Operación:
 - No se permite salir por pista adyacente: ☐
 - Existe congestión en andén: ☐
 - Detención única para transferencia: ☐
 - Intervalo de llegadas es constante: ☐
 - Todos deben pasar por área de parada: ☐
 - Puertas especializadas: ☐
- Top Right: Nueva Configuración (Paradero)**
 - Período de simulación:
 - Duración (min): [Field]
 - Long. cola inicial (bus): [Field]
 - Buses:
 - Flujo total (bus/h): [Field]
 - % que transfiere pas: [Field]
 - % que va lleno: [Field]
 - Detenciones por transferencia: [Field]
 - Número medio por bus: [Field]
 - Pasajeros:
 - Medio por bus: [Field]
 - Medio por hora: [Field]
 - Demanda subida: [Field]
 - Demanda bajada: [Field]
 - Detención principal bifuncional:
 - Medio pas. que suben: [Field]
 - Medio pas. que bajan: [Field]
- Bottom Left: Nueva Configuración (Semáforo AGUAS ARRIBA)**
 - Características Línea de Detención:
 - Distancia a entrada paradero (m): [Field]
 - Flujo de automóviles (veh/hora): [Field]
 - % de automóviles que viran: [Field]
 - Flujo de saturación básico (ADE/A): [Field]
 - Factores de equivalencia:
 - bus (ADE/bus): [Field]
 - auto que vira (ADE/veh): [Field]
 - Programación semáforo:
 - Tiempo de ciclo (s): [Field]
 - Verde efectivo para pista (s): [Field]
 - Demora media paradero intermedio (s): [Field]
- Bottom Right: Nueva Configuración (Semáforo AGUAS ABAJO)**
 - Características Línea de Detención:
 - Distancia a salida paradero (m): [Field]
 - Flujo de saturación básico (ADE/A): [Field]
 - Factor equivalencia bus (ADE/bus): [Field]
 - Factor cola adicional pista adyac.: [Field]
 - Programación semáforo:
 - Tiempo de ciclo (s): [Field]
 - Verde efectivo para pista (s): [Field]
 - Desfase relativo del rojo (s): [Field]

Figura 2.12.
Datos
considerados
en una nueva
configuración
de paradero
en Irene.

Fuente:
Elaboración
propia.
Irene,
versión 4.2.

Menú principal de parámetros

Este menú permite realizar la personalización de los diferentes parámetros que se encuentran involucrados dentro del programa Irene, así como la entrada de valores que permiten modificar los programas considerados. A continuación se presentan los datos considerados en el menú de parámetros (figura 2.13).

Figura 2.13.
Parámetros
de Irene.

Fuente:
Elaboración
propia.
Irene,
versión 4.2.

Los parámetros que se pueden definir por el analista incluyen aspectos como duración de detenciones, características de los buses, tasa media de pasajeros que ascienden y descenden, rangos de las funciones de distribución, uso de las puertas y la distribución del tipo de detención, lo cual hace del programa un análisis flexible que puede particularizarse para condiciones locales que se estudien en algún entorno o ciudad específica.

Menú principal de ejecución

El menú principal de ejecución del programa Irene permite el procesar la información de entrada considerada y los parámetros definidos del modelo. A continuación se presentan los datos considerados en el menú de parámetros (figura 2.14).

La simulación realizada por el Irene es una simulación dinámica, que representa las condiciones de operación del paradero que se analiza; gráficamente permite obtener información de demanda del paradero, los pasajeros que ascienden y descenden, la capacidad del paradero, demoras por pasajeros, esperas internas y colas.

Para la simulación que se ejecute, el Irene permite hacer modificaciones en la velocidad de animación, también se dispone de una barra de herramientas de animación mediante la cual se puede efectuar la detención de la simulación, continuación, terminación y continuación de los análisis, sin tener en cuenta la visualización de la simulación.

Menú principal de resultados

El menú principal de resultados del programa Irene permite colocar la información de resultado del análisis que se ha realizado mediante el programa. La información se guarda en una archivo específico y presenta información del paradero, los resultados de la simula-

Figura 2.14.
Simulación de
la operación
de paraderos
en Irene.

Fuente:
Elaboración
propia.
Irene,
versión 4.2.

ción, cola de paradero, indicadores de eficiencia, utilización de los sitios del paradero y el resumen detallado de la simulación por cada bus

que se consideró en el análisis. A continuación se presenta la visualización de los resultados del análisis del programa Irene (figura 2.15).

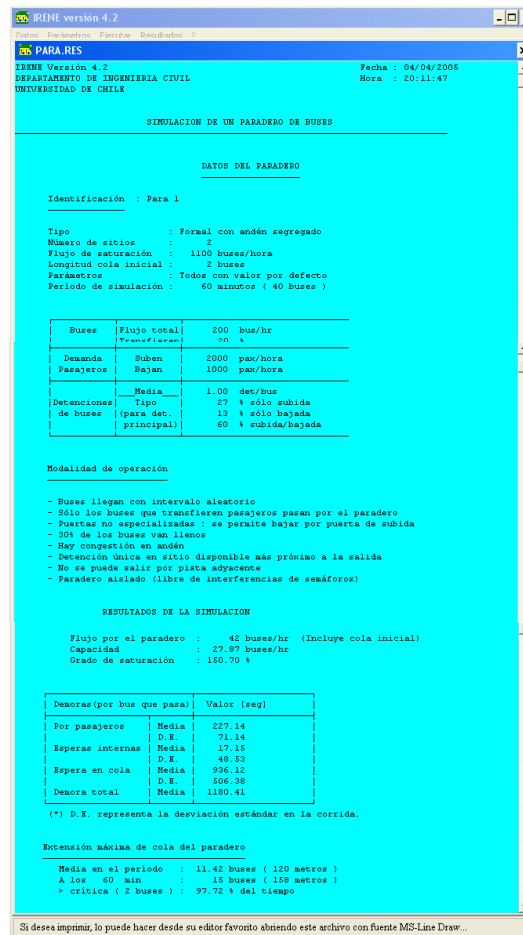


Figura 2.15.
 Resultados de la simulación de la operación de paraderos en Irene.

Fuente:
 Elaboración propia.
 Irene, versión 4.2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Level of Service Handbook (1998). Florida Department of Transportation. Systems Planning Office.

Highway Capacity Software HCS 2000, versión 4.1e (2004). University of Florida, McTrans Center.
 Irene, versión 4.2. Simulador de un paradero de buses, Chile: Fondecyt. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil.

3

Lineamientos para la Ejecución de Estudios de Transporte Público

CONTENIDO

3.1	PLANEACIÓN ESTRATEGICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	3-6
3.2	PLANEACIÓN OPERATIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	3-9
3.3	MONITOREO Y CONTROL DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	3-11
3.4	LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO OPERACIONAL BÁSICO DE UNA RUTA PARA TRANSPORTE PÚBLICO	3-13
3.4.1	Selección del nivel de servicio	3-14
3.4.2	Cálculo de las frecuencias	3-15
3.4.3	Diseño de la flota	3-17
3.4.4	Diagrama de marcha	3-18
3.4.5	Evaluación de la operación de rutas	3-19
3.4.5.1	Evaluación de la programación de una ruta	3-19
3.4.5.2	Evaluación del desempeño de una ruta	3-21
3.5	LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO OPERACIONAL DE UNA RUTA ALIMENTADORA	3-25
3.5.1	Delimitación de las cuencas de alimentación	3-25
3.5.2	Metodología para definir sectores que hay que alimentar y corredores de alimentación	3-27
3.5.2.1	Definición de sectores prioritarios	3-27
3.5.3	Metodología propuesta para la asignación y el cálculo de la demanda de los servicios alimentadores	3-30
3.6	LINEAMIENTOS PARA LA MODIFICACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	3-31
3.7	REORGANIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	3-34
3.8	FORMULACIÓN DE TERMINALES SATÉLITES	3-38
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3-40

FIGURAS

Figura 3.1	Etapas para la elaboración del plan integral de transporte	3-6
Figura 3.2	Etapas de planeación del sistema de transporte público	3-7
Figura 3.3	Proceso general de diagnóstico del transporte público	3-8
Figura 3.4	Problemas frecuentes en la operación de un sistema de transporte público	3-9
Figura 3.5	Formulación del diagnóstico	3-10
Figura 3.6	Esquema de trabajo sugerido	3-11
Figura 3.7	Presentación gráfica del diagrama de marcha	3-18
Figura 3.8	Esquema de la cuenca de alimentación con el cono de no alimentación	3-26
Figura 3.9	Esquema de la cuenca de integración intermedia con sectores de no alimentación	3-26
Figura 3.10	Lineamientos para la modificación de rutas	3-32

Figura 3.11	Perfil de cargamento. Ejemplo	3-34
Figura 3.12	Lineamientos para la reorganización de rutas	3-35
Figura 3.13	Lineamientos para la formulación de terminales satélites	3-38

TABLAS

Tabla 3.1	Indicadores fundamentales en la evaluación del control y seguimiento	3-13
Tabla 3.2	Indicadores de desempeño - operacionales	3-22
Tabla 3.3	Indicadores de desempeño - económicos	3-23
Tabla 3.4	Indicadores fundamentales en la evaluación	3-23
Tabla 3.5	Indicadores técnicos y económicos utilizados en el transporte	3-24
Tabla 3.6	Calificación del estrato para la definición de sectores prioritarios	3-28
Tabla 3.7	Calificación de la densidad para la definición de sectores prioritarios	3-28
Tabla 3.8	Calificación de la distancia para la definición de sectores prioritarios	3-29
Tabla 3.9	Tipos de vía	3-30

En este documento se hace una descripción detallada de los lineamientos generales para la ejecución de estudios de transporte público, los cuales sirven para determinar los parámetros generales que se deben tener en cuenta para evaluar el sistema de transporte público colectivo de la ciudad.

Inicialmente se plantean los parámetros a considerar para el proceso de planeación en el transporte público y se describe la planeación estratégica, donde se estudian, evalúan y analizan las estrategias para diseñar y decidir sobre el funcionamiento de un sistema de transporte que responda a las necesidades futuras de los usuarios. También se describe la planeación operativa, donde se evalúan, analizan y estudian las acciones tendientes a establecer el óptimo funcionamiento de un sistema de transporte que se ajuste a las necesidades de movilidad existentes.

Los anteriores temas son el soporte esencial para la toma de decisiones en el proceso de planeamiento operativo del transporte público colectivo urbano.

Posteriormente, se establecen los lineamientos generales para desarrollar la fase de monitoreo y seguimiento de un sistema de

transporte, las cuales permitan llegar a realizar un seguimiento de las medidas asumidas para el mejoramiento y la optimización de un sistema de transporte público.

Después se desarrolla la metodología a emplear para el diseño y la operación de rutas de transporte, con base en la demanda manifiesta, la cual puede emplearse para un conjunto de rutas o para otros medios de transporte público (metro, convoyes de buses, entre otros), o para realizar el predimensionamiento de una nueva ruta o la adecuación de una ruta existente.

Adicionalmente, se incluye la metodología para el diseño operacional de una ruta alimentadora de un sistema de transporte masivo.

Por último, se incluyen los lineamientos generales establecidos por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá para modificar una ruta de transporte existente, así como el procedimiento general para desarrollar la reorganización de rutas de transporte público. Finalmente, se analizan los lineamientos generales que deben considerarse en un estudio para establecer terminales satélites en una ciudad.

3.1 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

El transporte público urbano tiene como objetivo principal garantizar la movilidad de las personas a todos los puntos de la ciudad, atendiendo de manera eficiente los atributos valorados por los usuarios: comodidad, rapidez, seguridad y costo.

Otro objetivo principal del transporte urbano corresponde al apoyo que permite alcanzar las metas del plan de desarrollo general de la ciudad, acompañado de políticas de crecimiento. La organización espacial y económica de un área específica genera viajes con mayor o menor intensidad, por lo que le corresponde al sistema de transporte urbano atender las necesidades de viajes integrando los hogares con los lugares de trabajo, compras, servicios y otros centros de actividades (salud, recreación).

Las actividades de la población tienen generalmente un proceso de constantes cambios, creando la necesidad de hacer ajustes en la oferta de transporte. Para atender esta situación, los planificadores y operadores del sistema ejecutan acciones de mejoras al sistema

mediante la racionalización en el uso de los equipos y con procesos administrativos y operacionales. De este modo, en la elaboración de un plan integral de transporte se pueden contemplar tanto alteraciones sustanciales en la red existente, como pequeñas medidas en la gerencia y equipos del sistema existente.

El plan integral de transporte debe elaborarse según las necesidades específicas de cada ciudad, ajustado a las políticas de desarrollo socioeconómico, de uso energético y conservación del medio ambiente. Éste debe apoyar las políticas de otros planes y programas de la ciudad, tales como salud, vivienda y suministro de servicios, entre otros.

En cada ciudad existe un organismo de gestión del tránsito y transporte, con sus propias características y limitaciones, que tiene la responsabilidad de definir el plan integral de transporte. En función de los recursos disponibles, el organismo de gestión define las metas y la metodología de elaboración e implantación del plan integral de transporte.

Las etapas para el desarrollo de dicho plan se muestran a continuación (figura 3.1).



Figura 3.1.
Etapas para la
elaboración
del plan
integral de
transporte.

Fuente:
Adaptación del
**Manual de
gerenciamento de
transporte público
urbano.** Manual 6.
ANTR, 1992.

Para asegurar el éxito de un plan integral de transporte público, desde el inicio del proceso se deben involucrar las autoridades del nivel de decisiones (administrativas y legislativas), el sector privado y la población (los usuarios, principalmente).

La elaboración del plan integral de transporte público debe ser producto del trabajo conjunto de toda la administración, siguiendo las directrices del gobierno de la ciudad. De este modo, entre los objetivos del plan se tendrán en cuenta los aspectos sociales, económicos y técnicos más apropiados.

En la elaboración del plan normalmente se diferencian tres niveles: planeación estratégica, planeación táctica y planeación operativa.

- ♦ *Planeación estratégica.* Comprende la elaboración de planes a largo plazo, tales como la transformación del sistema convencional a un sistema troncal.
- ♦ *Planeación táctica.* Decisiones orientadas a mediano plazo, como la reestruc-

turación y coordinación de los sistemas existentes.

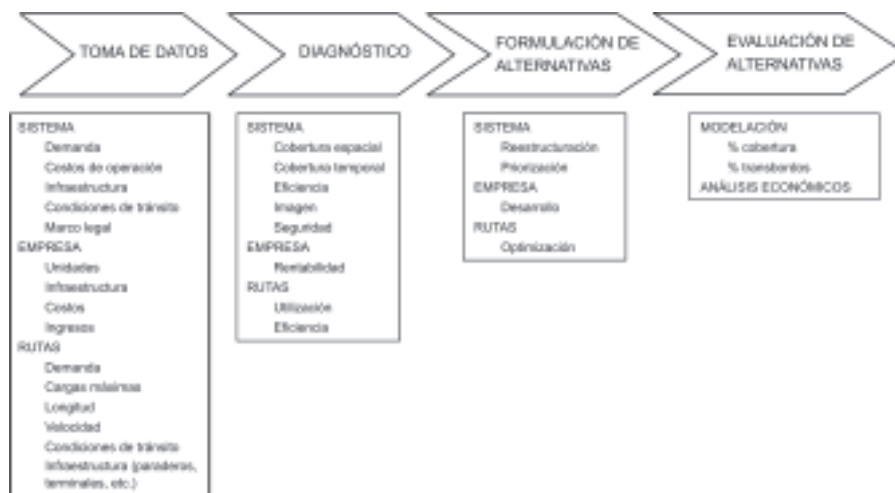
- ♦ *Planeación operacional.* Comprende la definición de programas a corto plazo sobre el sistema existente, como el ajuste de itinerarios, programación de la oferta, sistemas de tarifas y el sistema de apoyo en la circulación.

Cabe aclarar que en el *Manual de planeación* se establecen solamente los parámetros de la planeación estratégica y la operacional.

En un proceso de planeación se distinguen las etapas de toma de datos, diagnóstico, formulación de alternativas y evaluación. Seguidamente se presentan los componentes de caracterización y análisis generales del sistema de transporte público (figura 3.2).

En la fase de planeación, diseño y operación del transporte público no se puede desconocer la necesidad de interacción con el componente de tránsito. Los análisis de la vía, al igual que los paraderos y terminales, comprenden aspectos de operación funcional y de ca-

Figura 3.2.
Etapas de
planeación del
sistema de
transporte
público.



Fuente:
Elaboración
propia.

pacidad. Así mismo, el análisis de las condiciones del tránsito a lo largo de los itinerarios de las rutas forma parte de la fase de planeación, diseño y operación.

Con los datos de oferta y demanda, el diagnóstico del sistema de transporte público comprende el análisis de aspectos como atención de la demanda, desempeño de las infraestructuras, tipo de servicio y desempeño de las empresas. El diagnóstico se complementa normalmente con el análisis del desempeño de la autoridad en su labor de gestión del sistema de transporte público.

En la figura 3.3 se ilustra sobre el proceso general del diagnóstico de transporte público y los principales componentes analizados.

A partir de los resultados del diagnóstico se procede a formular las alternativas que permitan atender los problemas detectados o que impulsen el establecimiento de políticas definidas para el servicio. Entre las acciones más

comunes para la fase de planeación, diseño y operación que se desarrollan, están:

- ♦ Reestructuración de rutas.
- ♦ Establecimiento de prioridades y prelación del transporte público en corredores de máxima demanda (carriles exclusivos solobús).
- ♦ Desarrollo de las empresas operadoras.
- ♦ Optimización de la operación.

Todas estas alternativas se desarrollan a un grado de detalle compatible con los datos tomados sobre el sistema.

El proceso de evaluación de alternativas para el transporte público implica normalmente el apoyo de herramientas de cómputo para la modelación. A través del proceso de comparación de indicadores de operación se evalúa la efectividad de las alternativas. Por ejemplo, los índices de cobertura y

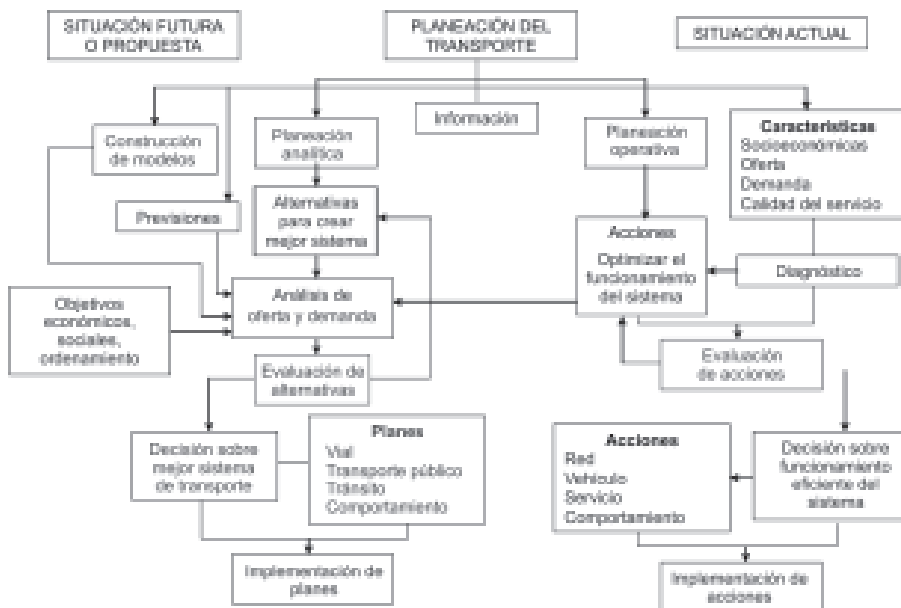


Figura 3.3.
Proceso general de diagnóstico del transporte público.

Fuente:
Transporte público urbano.
Domingo Dueñas, Tunja, 2001.

transbordos de los usuarios se utilizan para evaluar la efectividad de programas de reestructuración de rutas.

Para los análisis económicos se revisan generalmente indicadores de rentabilidad del sistema y las políticas tarifarias respectivas.

Adicionalmente, para formular acciones operativas hay que tener en cuenta los objetivos sociales, es decir, considerar el transporte como un beneficio para los usuarios, y la economía en general.

3.2 PLANEACIÓN OPERATIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Las autoridades encargadas de la administración del sistema de transporte público en las ciudades tienen que desarrollar acciones constantemente para mejorar las condiciones de prestación del servicio o solicitudes de los operadores, usuarios o comunidad en general.

A continuación se describen los pasos a seguir para desarrollar el proceso de la planeación operativa:

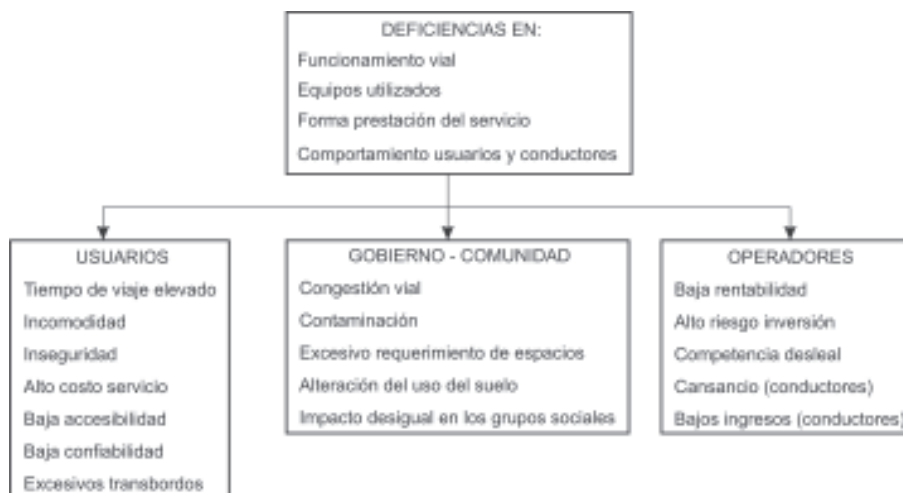
Reconocimiento del problema

Lo ideal es que, con una adecuada planeación, no se presenten problemas en el funcionamiento de un sistema de transporte; infortunadamente, en nuestro medio los problemas se evidencian cuando se implementa un sistema de transporte.

El reconocimiento se debe realizar de manera preliminar, ya que una vez caracterizadas la oferta y la demanda del sistema se puede hacer un diagnóstico de la situación existente.

Los principales problemas que afectan a los usuarios de un sistema de transporte público tienen una estrecha relación con los costos en tiempo, comodidad y tarifa que implican movilizarse de un origen a un destino; es decir, se pueden catalogar como una ineficiencia en el funcionamiento del sistema de transporte, cuya solución se encuentra en la modificación de la infraestructura vial, subsistema vial, equipos de transporte y en la prestación del servicio, entre otros. En la figura 3.4 se pueden observar algunos de los problemas que se generan debido a la ineficiencia en los siste-

Figura 3.4.
Problemas frecuentes en la operación de un sistema de transporte público.



Fuente:
Transporte
público urbano.
Domingo
Dueñas,
Tunja, 2001.

mas de transporte y que afectan a los usuarios a los operadores y al gobierno.

En este primer paso, si se llegan a identificar los problemas con exactitud y se plantean los objetivos, se logra agilizar el proceso de planeación.

Recolección de información

Realizar una toma de información con el fin de caracterizar la oferta y la demanda del sistema, así como también identificar algunos aspectos socioeconómicos que permitan evidenciar el problema encontrado de manera preliminar.

La información que se debe recopilar corresponde a la oferta mediante inventario de la infraestructura vial, equipos de transporte, paraderos, terminales, rutas y parámetros de prestación del servicio, entre otros. En cuanto a la demanda, se deben realizar estudios de ascenso y descenso, frecuencia y ocupación visual, origen - destino, demoras y velocidades, principalmente.

Diagnóstico de la situación actual

Una vez caracterizados la infraestructura vial, paraderos, rutas y parque automotor,

entre los más relevantes, mediante el análisis de la oferta y la obtención de los viajes generados con base en las características socioeconómicas y físicos, se procede a establecer si existe un equilibrio entre la oferta existente y la demanda manifiesta para efectos de hacer el diagnóstico del funcionamiento del sistema de transporte. Los problemas de la operación del sistema están directamente relacionados con la accesibilidad, movilidad, infraestructura y utilización de equipos y de la calidad del servicio.

De acuerdo con lo anterior, se muestra en la figura 3.5 la formulación adecuada para obtener el diagnóstico de la situación existente de un sistema de transporte público.

Generación de acciones operativas

Las opciones o acciones operativas se deben analizar y evaluar teniendo en cuenta criterios operativos, económicos y sociales. Plantear opciones para formular acciones de mejoramiento del funcionamiento del sistema de transporte, teniendo en cuenta la demanda existente y buscando que con modificaciones de la oferta se optimice el uso de

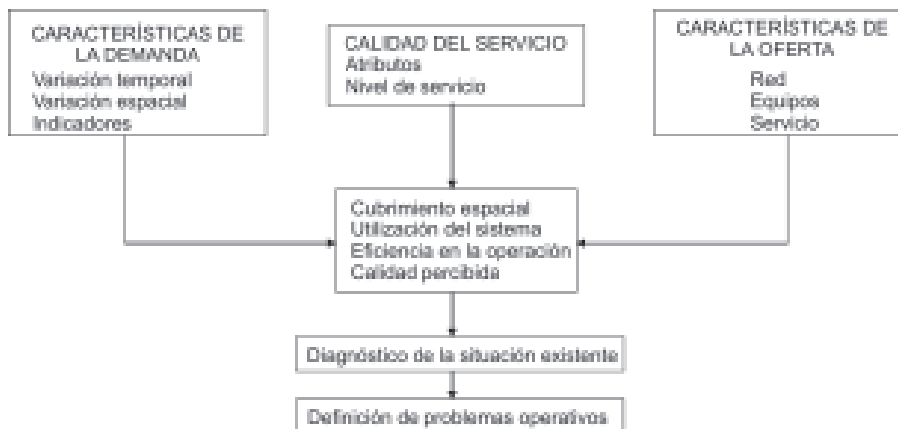


Figura 3.5.
Formulación
del
diagnóstico.

Fuente:
Transporte
público urbano.
Domingo Dueñas.
Tunja, 2001.

equipos, infraestructura vial, calidad del servicio y la capacidad del transporte en términos operacionales y económicos.

A continuación se relacionan algunas de las soluciones que pueden llegar a plantearse, de acuerdo con el diagnóstico obtenido:

- ♦ **Cubrimiento espacial.** Se tienen en cuenta factores de movilidad y accesibilidad, así como las características físicas de las vías utilizadas, para lo cual se puede plantear una reestructuración de rutas, extensión, disminución o rectificación de itinerarios, reubicación de paraderos, entre otros.
- ♦ **Utilización de una ruta o red.** Se pueden plantear soluciones como reducción o incremento de frecuencias o del parque automotor, unificación de rutas, modificación de itinerarios, nuevas rutas, entre otros.

- ♦ **Eficiencia en la utilización de los corredores.** Priorizar la utilización de carriles exclusivos para el transporte público, cambios de sentidos viales, optimización de la coordinación semafórica, entre otros.
- ♦ **Eficiencia en la operación de terminales y paraderos.** Reubicación o eliminación de paraderos, ajuste de la tarifa existente.

Diseño de la operación, análisis, evaluación y decisión

En esta fase se busca ajustar la oferta de acuerdo con las necesidades de movilidad de los usuarios y las condiciones operativas del sistema de transporte, garantizando una economía a los usuarios y a los operadores.

Antes de comenzar a realizar el diseño operacional de una ruta, hay que considerar los procedimientos que se muestran en la figura 3.6.

Figura 3.6.
Esquema de trabajo sugerido.



Fuente:
Transporte
público urbano.
Domingo Dueñas.
Turja, 2001.

Se trata de predecir las características operativas del sistema de transporte público haciendo comparaciones entre las alternativas propuestas y seleccionar la que presente mejores condiciones operativas.

Implementación y control

Se deben implementar algunas acciones complementarias y controles que permitan

cumplir a cabalidad los objetivos y resultados planteados en el paso anterior.

3.3 MONITOREO Y CONTROL DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

En la fase de monitoreo y seguimiento del sistema de transporte público, además de propiciar los análisis de la adecuación de la

operación real y la programada, se deben advertir los problemas eventuales, así como la pronta reacción ante los problemas pronosticados.

Se pueden citar como principales objetivos de la fase de monitoreo y seguimiento los siguientes:

- ♦ Formular y evaluar las políticas de acción.
- ♦ Estudiar, revisar y evaluar políticas con la finalidad de incentivar la mejora en la operación o sustentar el sistema, garantizando una oferta mínima o, aun, en la innovación con una ampliación y el desarrollo de nuevas tecnologías y equipos de transporte.
- ♦ Revisar la participación comunitaria y el sistema de información al usuario y de atención ágil a sus requerimientos.
- ♦ Revisar las informaciones gerenciales, tanto para evaluación de desempeño y productividad del sistema, como para mejorar la calidad de futuros estudios y ajustar soluciones oportunas.

Los procedimientos de monitoreo y seguimiento del sistema de transporte público en nuestro medio aún no corresponden a una tradición de los elementos que intervienen; no obstante, en los últimos años la preocupación con la optimización del servicio, la racionalización de los recursos y principalmente el control de los costos operacionales del sistema alertan sobre la imperiosa necesidad de esta actividad.

En el enfoque del usuario, el seguimiento está directamente relacionado con los patrones que definen los tipos de servicio; en cuanto a los operadores, la preocupación principal son los patrones económicos (rentabilidad del sistema) y la reducción en los costos operacionales. Por tanto, aún no se ha definido una metodología precisa para la ejecución

de esta actividad en nuestro medio. En este documento se presentan algunos conceptos que pueden servir de base para un completo proceso de monitoreo y seguimiento del sistema de transporte público.

A continuación se relacionan algunos métodos, presentados por la Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU, Módulos de treinamento, 1988), para abordar el problema; sin embargo, aún no se ha hecho una precisa evaluación de los costos y dificultades para su implantación.

Los métodos de evaluación propuestos se presentan en orden ascendente de complejidad, de condiciones técnicas y humanas para su aplicación/procesamiento y de precisión en las informaciones y análisis necesarios.

- ♦ Juicio intuitivo de los atributos del sistema, por un grupo de personas capacitadas.
- ♦ Lista de control de los atributos del sistema que son significativos, según las especificaciones de un grupo de personas capacitadas.
- ♦ Lista de control incrementada con medidas de desempeño del sistema basadas en características físicamente medibles y que posibiliten su confrontación con parámetros predefinidos.
- ♦ Amplio sistema de control, con atribución de límites de tolerancia en relación con los indicadores básicos, eliminándose antes del análisis los casos claramente indeseables o no viables por su accidentalidad.
- ♦ Completo sistema de análisis de las variables, independientemente de sus importancias relativas, de sus métodos de medición y de las formas de obtención del conjunto de efectos para confrontación con los parámetros de referencia definidos en la programación de las rutas.

Cualquiera que sea el método adoptado se debe tener previsto un patrón deseado, pues cualquier evaluación requiere un preciso entendimiento de las metas, patrones y criterios utilizados en la programación del sistema de transporte público.

Algunos de los diversos indicadores utilizados para llevar a cabo el control y seguimiento del sistema de transporte público, tienen suma importancia, por lo que deben ser evaluados, necesariamente, con un patrón mínimo de referencia. A continuación se relacionan los indicadores fundamentales para la fase de control y seguimiento (tabla 3.1).

Para su utilización, además de los datos de registro normal existente, se requieren algunas mediciones en campo complementarias, en especial tomando las siguientes informaciones:

- Frecuencia de paso.
- Verificación de itinerarios.
- Vehículos en operación.
- Velocidad y retardo (en los principales corredores).
- Movimiento (ascenso y descenso) en los tramos significativos.
- Costos de operación.
- Encuesta a usuarios.

Tabla 3.1.
Indicadores
fundamentales
en la
evaluación del
control y
seguimiento.

Variable de evaluación	Indicadores básicos	Estudios básicos
Nivel de servicio	Carga media en el (los) tramo(s) crítico(s) Velocidad media ponderada Intervalo medio ponderado Número de transferencias	Ascenso y descenso Velocidad y demoras Frecuencia de paso y ocupación Encuestas a usuarios (origen y destino)
Oferta de transporte	Kilómetro de ruta / habitante Flota total / habitante	Inventario de rutas
Desempeño operacional	Pasajeros / vehículo × km Pasajeros / lugares ofrecidos	Inventario de rutas Ascenso y descenso
Eficiencia	Vehículo km / flota total Empleados / vehículo (flota total)	Inventario de rutas
Rentabilidad	Costo operacional medio Ingreso efectivo/pasajero transportado	Estudio de costos de operación Estudio en terminales y cierres de circuito
Conveniencia	Equipamiento en las terminales y puntos de parada Sistema de atención al usuario Sistema de información	Inventario de rutas Encuestas a usuarios (opinión)

Fuente:
Elaboración propia.

3.4 LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO OPERACIONAL BÁSICO DE UNA RUTA PARA TRANSPORTE PÚBLICO

Existen varios métodos para diseñar rutas de transporte público urbano. No obstante, todos pretenden definir un sistema que atienda las necesidades de viaje de los habitantes de una determinada área, de tal manera que exista un equilibrio entre la oferta y la demanda.

En términos generales, se trata de conocer los lugares a donde los habitantes de un área en estudio desean viajar diariamente, cuántos y en qué horarios necesitan usar el transporte público. Además, se deben conocer los puntos importantes de parada, el tiempo de ciclo, tipo y capacidad de los vehículos, y el nivel de calidad ajustado a las necesidades de los usuarios.

El diseño de las rutas de transporte público es una tarea importante del organismo de gestión, ya que forma parte de los procesos de planeación, operación y seguimiento del servicio.

El diseño de una ruta de transporte público consiste básicamente en la determinación de las frecuencias de viaje en los períodos típicos de análisis, la definición de la flota de vehículos necesaria para la operación y la elaboración de los respectivos gráficos de marcha, siempre de acuerdo con los niveles de servicio adoptados.

Para el diseño se consideran valores medios de parámetros en el período típico y se asume la hipótesis básica de estabilidad espacial y temporal de la demanda. Con base en esta hipótesis pueden desarrollarse dos tipos de datos: diseño de la oferta y análisis de las condiciones ofrecidas.

En los estudios de diseño de la oferta de una ruta, se presupone como condición que la ocupación crítica media del período no sobrepase la capacidad del proyecto; en la práctica, tal procedimiento representa la determinación del intervalo entre vehículos sucesivos, respetando los valores máximos y mínimos para el intervalo.

Por otro lado, en los estudios sobre el análisis de las condiciones ofrecidas en una ruta el principal objetivo consiste en comparar las ocupaciones críticas en relación con la condición ideal (capacidad de proyecto) para el período. Esta verificación se realiza a través de la relación entre la ocupación crítica y la capacidad de proyecto del vehículo. En caso de que esta relación sea mayor que 1 (>1), la ruta estará subdimensionada, necesitando por tanto una mayor frecuencia. Caso contrario (<1) existe una sobreoferta, debiéndose revisar las condiciones operacionales de la ruta para una racionalización de la oferta, respetándose siempre los valores mínimos y máximos para la frecuencia de la ruta.

3.4.1 Selección del nivel de servicio

Tanto en el diseño de la oferta como en el análisis de las condiciones ofrecidas, el parámetro típico incorporado en la metodología se refiere a los niveles de servicio de la operación. A pesar de que para el usuario de transporte público el nivel de servicio ofrecido representa un conjunto de variables operacionales, se consideran solamente dos como las más relevantes: la comodidad o confort y la accesibilidad temporal.

Comodidad

Las condiciones de comodidad son determinadas fundamentalmente por la duración del viaje (en especial en el tramo crítico) y por el índice de ocupación del vehículo.

No existe una regla absoluta, por lo que debe analizarse cada caso, en conjunto con el análisis de la variación temporal de la demanda. La fluctuación temporal, además de la distribución direccional en los períodos típicos de la demanda, suministra indicadores para la fijación de los respectivos niveles de servicio (por horarios y por sentido).

La existencia de los períodos pico, valle y nocturnos obliga a una conveniente adecuación de la oferta para reducir los costos operacionales del sistema. No obstante, parte de los costos de operación (relativos a la flota) existen para proveer la oferta necesaria en los períodos pico, lo que de cierto modo permite adoptar niveles de servicio más favorables (B o C) en los períodos valle con base en la disponibilidad de vehículos. Esto facilita incluso los ajustes operacionales para los operadores.

Por otro lado, la selección de niveles de servicio muy favorables durante los períodos pico es contraproducente, ya que elevaría sustancialmente la flota en operación (mayores costos y mayor tarifa), dificultando la operación

junto a los puntos de parada y en especial en las terminales. Se recomienda, por tanto, la adopción de niveles de servicio D o E para estos períodos y, en casos especiales (corta extensión del tramo crítico), la utilización del nivel F.

Para los períodos valle o nocturnos, lo mismo en fines de semana/festivos, cuando la demanda es muy pequeña, no hay necesidad de fijar niveles de servicio para el diseño de la oferta. En estos casos, sólo se debe garantizar una oferta mínima de transporte, representada por el intervalo máximo entre vehículos. La oferta mínima se diseña a partir del conocimiento de las características de la zona atendida (densidad y distribución espacial), de la cobertura espacial de otras rutas existentes y del consenso de un “buen criterio” del proyectista, entre otros.

Cabe destacar que hay que ajustar, en conjunto: el perfil de carga de la ruta, la distribución direccional y el esquema operacional previsto para la misma (viajes directos, variación de los intervalos entre viajes, entre otros).

Definidos los niveles de servicio adecuados, a cada período típico y sentido de viaje, se pueden fijar las capacidades de proyecto: volumen de pasajeros que se pueden transportar en el vehículo en el tramo crítico, dentro de las condiciones juzgadas ideales para la prestación del transporte con el nivel de servicio fijado. Matemáticamente, se obtiene así:

$$L_s = A + B d_s \quad 3.1$$

Donde:

L_s = capacidad de proyecto para el nivel de servicio seleccionado.

A = número de asientos ofrecidos (pasajeros sentados).

B = área útil (pasajeros de pie).

d_s = densidad de ocupación para los pasajeros de pie adoptados para el nivel de servicio seleccionado.

Accesibilidad temporal

En la evaluación o fijación de los niveles de servicio el parámetro de accesibilidad temporal procura considerar la frecuencia de viajes y la disposición del usuario, cuyo indicador representa el tiempo medio de espera del vehículo. Normalmente, este parámetro se utiliza como una verificación de la situación, estimada a partir de las condiciones de comodidad o cuando al diseño de la oferta (frecuencia de viajes) indica un intervalo muy largo. En estas situaciones se impone un intervalo máximo para la operación de la ruta o cuando el tiempo de ciclo es menor que el intervalo mínimo (hipótesis en que se impone el mínimo de un vehículo para la operación de la ruta).

3.4.2 Cálculo de las frecuencias

El objetivo básico de la programación de una ruta de transporte público consiste en la fijación de las frecuencias (o intervalos entre vehículos sucesivos) para cada uno de los períodos típicos, de acuerdo con el nivel de servicio adoptado.

El cálculo de la frecuencia puede efectuarse de dos formas, semejantes en sus resultados, utilizando informaciones distintas: a partir del perfil de carga de la ruta o con base en el total de pasajeros transportados en los viajes, siempre referentes al período típico en análisis y en cada sentido de movimiento de la ruta.

Cálculo de la frecuencia a partir del perfil de carga

Se toma para la ruta el perfil de carga de los diversos viajes del período en análisis (en general una hora) y se determina la ocupación para el tramo crítico (ΣOT_c). La frecuencia (F) necesaria para la operación de la ruta, para un determinado nivel de servicio, es:

$$F = \frac{\Sigma OT_c}{L_s} \quad 3.2$$

Donde:

L_s = capacidad de proyecto para el nivel de servicio adoptado.

Este método exige un amplio y constante registro de ascenso/descenso para la determinación de la variable referente a las ocupaciones de los diversos tramos en cada viaje del período considerado. Se utiliza con más frecuencia en estudios de dimensionamiento macro de un conjunto complejo de rutas, cuando la precisión en la delimitación de los tramos críticos y aun su estabilidad a lo largo de la ruta no son de importancia básica.

Cálculo de la frecuencia a partir del total de pasajeros transportados

En este caso no se requiere la delimitación precisa del tramo crítico de la ruta, ya que se considerará en términos de sus efectos cuantitativos en relación con la demanda total del viaje (PV) a través del índice de rotación (k).

La base de cálculo para la frecuencia es el total de pasajeros transportados en el período de análisis, obteniéndose que:

$$\phi = \frac{VP}{H} = \frac{VP/m}{H/m} \quad 3.3$$

Donde:

ϕ = flujo medio de pasajeros en el período.

VP = total de pasajeros en el período.

H = duración del período.

m = número de viajes en el período.

Haciendo $\frac{VP}{m} = \overline{PV}$ y $\frac{H}{m} = I$ y recordando que $\overline{PV} = \bar{k} * \overline{OTc}$ se obtiene en la ecuación 3.3:

$$I = \frac{\bar{k} * \overline{OTc}}{\phi} \quad 3.4$$

Donde:

I = intervalo entre vehículos.

$\bar{k}$ = índice de rotación medio en el período.

$\overline{OTc}$ = ocupación media del tramo crítico en el período.

ϕ = flujo medio de pasajeros en el período.

Imponiendo la condición de que la ocupación crítica media ($\overline{OTc}$) no debe superar la carga de proyecto (L_s) definida a partir del correspondiente nivel de servicio seleccionado para el período ($\overline{OTc} \leq L_s$), la expresión resulta:

$$I \leq \frac{L_s * \bar{k}}{\phi} \quad 3.5$$

En la condición de límite superior:

$$I = \frac{L_s * \bar{k}}{\phi} \quad 3.6$$

Siendo la frecuencia de una ruta de transporte público, el inverso del intervalo entre vehículos se obtiene:

$$F = \frac{60 * \phi}{L_s * \bar{k}} \quad 3.7$$

Donde:

F = frecuencia (veh./h).

ϕ = flujo medio de pasajeros en el período (pas./min.).

L_s = capacidad de proyecto para el nivel de servicio (pas./veh.).

$\bar{k}$ = índice de rotación medio en el período (adimensional).

o también:

$$F = \frac{60 * VP}{H * L_s * \bar{k}} \quad 3.8$$

Donde:

VP = total de pasajeros de los viajes en el período (pas.).

H = duración del período (min).

Este segundo procedimiento para la determinación de la frecuencia (y por tanto del intervalo entre vehículos) es de más fácil ejecución, ya que los parámetros –total de pasajeros en el período (VP) y duración del período típico (H)– se obtienen directamente del movimiento de pasajeros registrados en el viaje (datos del estudio en terminales). El índice de rotación (k) puede obtenerse por muestreo, ya que en general se puede considerar estable a lo largo del tiempo, para una misma ruta.

Los procedimientos aquí presentados deben aplicarse para los diferentes períodos del día y para cada uno de los sentidos del viaje de una ruta de transporte público.

Para el caso de rutas con itinerarios muy semejantes, debe realizarse un ajuste complementario de los intervalos de viaje, de tal manera que en los tramos comunes haya una intercalación de los vehículos para mantener un intervalo regular entre éstos, mejorando las condiciones de atención de los usuarios vecinos a esos tramos.

3.4.3 Diseño de la flota

La operación de una ruta de transporte público exige que, en la situación de máxima solicitud (períodos pico), haya disponibilidad de vehículos en número suficiente (*flota efectiva*) con el fin de garantizar el intervalo calculado para el respectivo nivel de servicio.

Además, debe existir un número extra de vehículos (*flota de reserva*) para suplir eventuales fallas en la operación (descomposición, accidentes, entre otros) y para permitir la rotación de vehículos en escala de mantenimien-

to preventivo. La flota de reserva normalmente es el 10% de la flota efectiva.

Entonces, la flota total necesaria para la operación de una ruta es la suma de las dos:

$$FT = FE + FR \quad 3-9$$

Siendo:

FT = flota total.

FE = flota efectiva para la operación en los períodos pico.

FR = flota de reserva (en general $FR=0,10 * FE$).

En una ruta de transporte público existe un movimiento cíclico de los vehículos de modo que, después de iniciado un viaje y transcurrido un determinado intervalo de tiempo, el vehículo retorna a la posición original para comenzar un nuevo viaje. Este período es identificado como tiempo de ciclo y comprende los tiempos de viaje (ida + vuelta) y los tiempos de terminales en los extremos de la ruta.

La variación temporal de la demanda implica, a su vez, un ajuste constante de las flotas en operación en los diferentes períodos del día. Estas flotas se denominan flota operacional (FO) del período.

Para determinar la flota operacional de una ruta, se deben comparar los tiempos de ciclo (T_c) con las duraciones de los períodos típicos (H), pudiendo resultar dos situaciones tipo: caso $H \geq T_c$ o $H < T_c$.

Caso $H \geq T_c$

En este caso, la determinación de la flota debe ser suficiente para sustentar el período equivalente al tiempo de ciclo, pues a partir del instante (h_2) de retorno del primer vehículo, no hay necesidad de nuevos vehículos para la operación. En esta forma, la determinación de la flota operacional del período en estudio se realiza a través de:

≥

$$FO = \frac{T_c}{I} \quad 3.10$$

Donde:

FO = flota operacional.

Tc = tiempo de ciclo del período.

I = intervalo entre vehículos del período.

Caso $H < T_c$

Cuando la duración del período en estudio es inferior al tiempo de ciclo, ocurre una variación en los intervalos entre vehículos antes de que el primero haya retornado a la terminal de origen. En esta situación, la flota operacional del período en estudio es determinada por:

$$FO = \frac{H}{I_j} + \frac{T_c - H}{I_{j+1}} \quad 3.11$$

Donde:

I_j = intervalo entre vehículos en el período j.

I_{j+1} = intervalo entre vehículos en el período siguiente j+1.

H = duración del período j.

TC = tiempo de ciclo en el período.

A partir de la determinación de las flotas operacionales en los diferentes períodos del día, se puede establecer la flota efectiva (FE), que corresponde al número de vehículos destinados a la operación de una ruta específica para la situación de mayor demanda (máximo FO en período pico).

3.4.4 Diagrama de marcha

El diagrama de marcha consiste en la representación gráfica de toda la programación de la ruta, destacando incluso los principales eventos de sus componentes de tiempo (de viaje, en terminales).

Su trazado se efectúa después del cálculo de los intervalos o frecuencias de una determinada ruta para todos los períodos típicos del día, para ambos sentidos individualmente y respetando los intervalos máximos y mínimos prefijados.

El diagrama de marcha (figura 3.7) permite visualizar todo el esquema operacional de la ruta a lo largo del período de servicio, así:

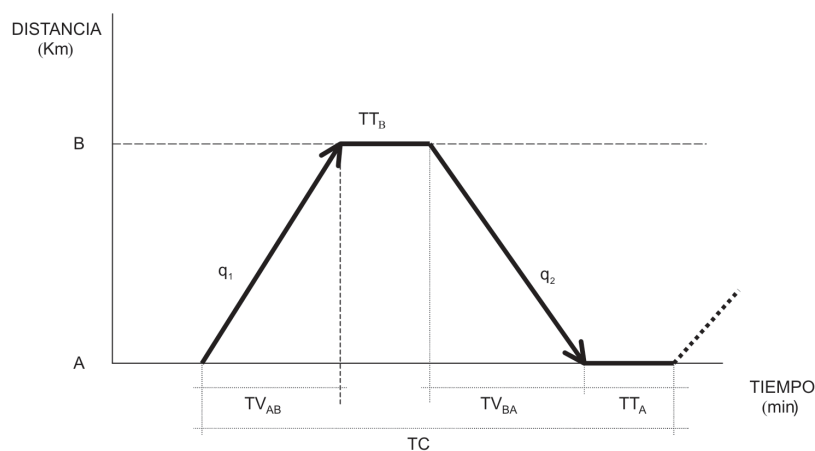


Figura 3.7.
Presentación
gráfica del
diagrama de
marcha.

Fuente:
Elaboración
propia.

- ♦ Los vehículos necesarios para la operación (flota numerada) y el respectivo terminal de inicio y fin de operación (entrada/salida).
- ♦ Las velocidades de recorrido en cada uno de los sentidos (coeficientes angulares q_1 y q_2), incrementados con los tiempos de terminales (TT_A y TT_B) y los respectivos tiempos de ciclo en cada uno de los períodos en operación (TC_1 , TC_2 , ...) que pueden ser variables justamente en correlación con el congestionamiento del recorrido, demoras mayores para atender un número excesivo de ascensos/descensos, entre otros.
- ♦ La forma de transición entre los períodos típicos con la entrada/salida de vehículos de complemento del gráfico de marcha (en función de los intervalos calculados).
- ♦ La posibilidad de ocurrencia de problemas operacionales junto a los puntos terminales (existencia de holguras muy pequeñas) o de grandes ineficiencias operacionales (tiempos de terminales superiores a los grandes patrones mínimos).
- ♦ Principalmente, la posibilidad de un ajuste más preciso en la operación, pues muchas veces pequeños ajustes pueden detectarse al hacer una comparación visual entre la necesidad de colocación de más vehículos en operación y la especificación de una velocidad un poco mayor o un tiempo de terminal más pequeño.

Todos estos casos son derivación directa de la relativa flexibilidad existente en algunos parámetros de cálculo definidos *a priori*, como por ejemplo velocidades, tiempos de terminales, capacidad de proyecto, nivel de servicio, intervalos máximos y mínimos, entre otros.

3.4.5 Evaluación de la operación de rutas

La evaluación de la operación de rutas de buses no es una práctica normal por parte de

los elementos participantes en nuestro medio. Sólo ante presiones de incremento de tarifas o de saturación del sistema se realizan algunos ejercicios de seguimiento de las condiciones de las rutas. Ejercicios para la optimización de equipos y el control en costos de operación no son actividades normales de los prestadores del servicio ni de las autoridades para la administración del sistema de rutas existente. Únicamente al ver un sistema deteriorado las autoridades han iniciado acciones para reestructurar la operación existente, por lo que se requiere fijar un plan de evaluación de las rutas del sistema existente y de monitoreo de las condiciones de operación adoptadas para el futuro.

Dados estos antecedentes no se cuenta con una metodología establecida por parte de las autoridades para evaluar la operación de las rutas o del sistema de transporte público de la ciudad. Cabe entonces recordar que para los usuarios el desempeño del sistema está relacionado con los parámetros que definen el nivel de servicio, mientras que para los operadores el interés es netamente económico.

3.4.5.1 Evaluación de la programación de una ruta

Si la programación de operación de una ruta se apega totalmente a las variaciones de la demanda a lo largo del día, aplicando niveles de servicio bondadosos, se puede tener un excesivo número de vehículos en circulación, además del aumento en el costo del transporte, lo que se refleja directamente en la tarifa.

Dada la necesidad de mantener una tarifa social, con buenos patrones de operación, es fundamental que al diseñar las necesidades operacionales de una ruta se haga la verificación de su adecuación a las demás condiciones del sistema de transporte.

La verificación de adecuación del diseño operacional de una ruta al sistema se efectúa

teniendo en cuenta dos aspectos importantes: el técnico - operacional y el económico - tarifario (EBTU, 1988). Los aspectos más importantes de estos tipos de verificación se presentan a continuación.

Aspecto técnico - operacional

- ♦ *Compaginación del diseño en la red e intercalación de intervalos*

La metodología de diseño operacional de una ruta individual es la que se aplica para el conjunto de rutas, de modo que a partir de la compaginación de la red se distribuya de manera gradual la flota a los diversos tramos de las rutas. Con el diseño básico de la flota para la operación de un corredor se deben identificar los subcorredores principales, y luego las áreas de influencia y pequeños polos de demanda.

Este procedimiento aplica para la revisión del diseño de cada ruta, especialmente si se tiene en cuenta que siempre existe la posibilidad de una intercalación de intervalos entre buses de diferentes rutas; ésta es bastante ventajosa para mejorar las condiciones de la oferta en los tramos comunes y se recomienda su aplicación para las rutas con baja frecuencia.

- ♦ *Retornos en vacío*

Otro aspecto que debe considerarse es la posibilidad de un esquema operacional diferenciado para los viajes en el sentido contrario al de mayor demanda. En situaciones donde ocurre un gran desequilibrio entre las necesidades de oferta en el sentido de mayor y menor demanda, además de que se tenga la posibilidad de una mayor velocidad (bien sea por el mismo itinerario o por un recorrido alterno) puede ser conveniente efectuar el retorno de algunos buses sin ascenso de pasajeros,

directo entre los extremos de viaje y reduciendo el tiempo de ciclo, lo que puede representar una reducción de la flota efectiva para la operación de la ruta.

Este procedimiento se analiza a partir de la definición del número de viajes necesarios, en un sentido y en el otro (en general con valores diferentes), obtenidos así:

$$m_s = \frac{H}{I_s} \quad 3.12$$

Donde:

m_s = número de viajes en el sentido s .

H = duración del período de análisis.

I_s = intervalo entre vehículos en el sentido s .

Cuando los valores de m_s se presentan muy diferentes (relación del orden del 50% entre ellos) hay la posibilidad de utilizar este procedimiento, seleccionando entonces, a partir del menor m_s , el número de viajes completos, restando la diferencia para la realización de medios viajes (o sea, retorno en vacío o expreso).

- ♦ *Reprogramación de horarios*

Otro factor importante en la programación de la ruta son las condiciones de atención de la demanda, originada en un gran polo generador de viajes (industrias, escuelas, centros comerciales, entre otros). Muchas veces estos polos tienen un horario relativamente rígido para la entrada y salida (operarios, trabajadores, alumnos, entre otros), lo que conduce a una excesiva concentración temporal de la demanda circunscrita a uno o dos puntos de parada. En condiciones normales de operación, se tiene una congestión excesiva de los vehículos (especialmente para las rutas de alta frecuencia), demoras excesivas, sobrecarga de vehículos y saturación en paraderos.

Para minimizar estos efectos se puede utilizar un encaje de viajes extras, incluso con inicio próximo al polo generador, o si no reprogramar algunos horarios de salida del punto inicial de viajes (atrasando o adelantando sus horarios) de modo tal que al pasar junto al polo generador de la ruta tengan intervalos reducidos entre vehículos, efecto que se debe informar de inmediato a los usuarios. Además de estos aspectos, debe analizarse la conveniencia de los equipos y personal de apoyo en la operación. Esta adecuación operacional muchas veces es impuesta en función de los parámetros de la legislación de los trabajadores, lo que puede generar reflejos negativos en cuanto al costo operacional del sistema, aunque se presenta totalmente favorable desde el punto de vista de los usuarios.

Aspectos económico - tarifarios

La programación de una ruta, para condiciones ideales de nivel de servicio, puede ocasionar sensibles variaciones en el costo de transporte y, por tanto, en la tarifa. Los efectos relativos a la programación de las rutas pueden estimarse a partir de la siguiente ecuación:

$$CT = \frac{\frac{CF}{PMA} + CV}{IPK} \quad 3.13$$

Donde:

CT = costo de transporte de un pasajero.

CF = costos fijos, función de la flota, tasa de remuneración del capital, depreciación del vehículo, gastos de administración.

PMA = recorrido medio anual de un vehículo de la flota, función de la

efectiva utilización en cumplimiento de los viajes.

CV = costos variables, función de la cantidad de viajes, kilometraje recorrido, consumo de energía, desgaste de llantas.

IPK = índice de utilización del transporte (pas./km), función de la demanda y de las condiciones de la oferta (número de viajes y longitud de la ruta).

Se recomienda tener cuidado especial con la evaluación de los viajes sin una captación de pasajeros (viajes muertos) debidos a retornos hasta el garaje, ciclo abierto, reaprovechamiento en otra ruta (transferencia). La longitud recorrida por el bus de esta manera tiene un costo y no tiene ingreso, lo que representa un peso en algunos casos significativo, con incremento hasta del 10% en conjunto al kilometraje mensual (o anual) recorrido por los vehículos, sin producción de transporte.

Además de los enfoques económicos comentados se debe considerar también, en cuanto al análisis de una ruta:

- ♦ Las necesidades sociales, garantía de una frecuencia mínima en todos los períodos del día, horarios extras y nocturnos, rutas especiales, entre otros.
- ♦ La dinámica urbana, accesibilidad para las zonas que aún presentan espacios sin servicio.
- ♦ Las conveniencias políticas, muchas veces difíciles de evitar.

3.4.5.2 Evaluación del desempeño de una ruta

En la tabla 3.2 se encuentran los indicadores operacionales que están más sujetos a factores externos que al sistema, muchas ve-

ces de difícil control para el organismo de gestión o que sufren las consecuencias directas de una mala operación (fuera de programación adecuada).

En la tabla 3.3 aparecen algunos indicadores de naturaleza económica que están directamente relacionados con el aspecto de planeación de la operación. Se destaca que al-

gunos indicadores reportan al sistema en conjunto, en tanto que otros pueden referirse tanto al sistema como a un determinado conjunto de rutas, o para una sola ruta.

En la tabla 3.4 se presentan los indicadores fundamentales para la evaluación del desempeño de las rutas.

Variable	Indicador	Unidad de medida
1. Velocidad comercial	$\frac{\sum \frac{\text{Kilometraje de ruta}}{\text{Tiempo de ciclo en pico}} \times \text{Número de viajes}}{\sum \text{Viajes del sistema (o ruta)}}$	
	Ídem para período valle	km/h
2. Relación de velocidades	$\frac{\text{Velocidad de recorrido de buses}}{\text{Velocidad de recorrido de autos}}$	%
3. Regularidad	$\frac{\text{Cantidad de horarios}}{\text{Pequeños desfases}}$	%
4. Índice de desempeño de los corredores	$\frac{\text{Velocidad de recorrido}}{\text{Velocidad operacional}}$	%
5. Índice de ineficiencia	$\frac{\text{Tiempo de terminal (A+B)}}{\text{Tiempo de ciclo}}$	%
6. Índice de carga	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ máximo de pasajeros}}{\text{Suma de lugares ofrecidos}}$	pas./lug.
7. Desempeño operacional	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de pasajeros}}{\text{Vehículos} \times \text{km}}$	pas./km
8. Índice de transferencias	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de pasajeros en transferencia}}{\text{Total de pasajeros}}$	%
9. Índice de oferta	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de horas de servicio}}{24 \text{ horas/día}}$	%
10. Distancia media de paraderos	$\frac{\text{Longitud del tramo}}{\text{N}^{\circ} \text{ de paradas} - 1}$	km/paradero
11. Adecuación de los puntos de parada (subjetivo)	Existencia de bahía propia, iluminación, señalización, equipamiento urbano, informaciones para el usuario	—
12. Informaciones a los usuarios	Junto a los puntos de parada, en las terminales, información volante (folletos, mapas, entre otros).	—

Tabla 3.2.
Indicadores de desempeño - operacionales.

Fuente: EBTU.
Gerencia do Sistema do Transporte Público do Passageiros (STPP).
Módulo de control de desempenho, 1988.

Tabla 3.3.
Indicadores
de
desempeño -
económicos.

Fuente: EBTU.
Gerencia do Sistema
do Transporte
Publico do
Passageiros (STPP).
Módulo de control
de desempenho,
1988.

Variable	Indicador	Unidad de medida
1. Patrón de tarifa	Media ponderada de las tarifas vigentes	\$ / pas.
2. Tarifas sociales	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de pas. con reducción por tarifa social}}{\text{Total de pasajeros}}$	%
3. Desempeño económico	$\frac{\text{Costo operacional diario}}{\text{Costo operacional}}$	%
4. Costo medio	Costo operacional por kilómetro	\$/km
5. Índice de productividad	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de pas. transportados en el período}}{\text{Kilometraje total recorrido}}$	pas./km
6. Consumo de combustible	$\frac{\text{Volumen mensual de combustible}}{\text{Kilometraje total recorrido}}$	lt/km
7. Rentabilidad media	Costo total/pasajeros transportados	\$/ pas

Tabla 3.4.
Indicadores
fundamentales
en la
evaluación.

Fuente: EBTU.
Gerencia do Sistema
do Transporte
Publico do
Passageiros
(STPP). Módulo de
control de
desempeño, 1988.

Variable de evaluación	Indicadores básicos
Nivel de servicio	Carga media en el(los) tramo(s) crítico(s) Velocidad media ponderada Intervalo medio ponderado Número de transferencias
Oferta de transporte	Kilómetro de ruta / habitante Flota total / habitante
Desempeño operacional	Pasajeros / vehículo km Pasajeros / lugares ofrecidos
Eficiencia	Vehículo km / flota total Empleados / vehículo (flota total)
Rentabilidad	Costo operacional medio Ingreso efectivo / pasajero transportado
Conveniencia	Equipamiento en las terminales y puntos de parada Sistema de atención al usuario Sistema de información

Para medir la productividad en el transporte se encuentran indicadores de eficiencia que permiten establecer diversas relaciones entre variables tales como trabajo, capital, equipo y energía, con respecto a la producción realizada en términos de horas-vehículo, cupos - kilómetro, capacidad - kilómetro, principalmente.

Otros indicadores son los de la efectividad en los costos que miden el consumo de

servicios como pasajeros, pasajeros-km, ingresos en relación con los gastos producto de la actividad de transporte. Esto incluye la medición de la demanda atendida por unidad de gasto (por ejemplo, pasajeros-km entre gastos operativos o toneladas - km entre consumo de combustible) y el proceso de generación de ingresos (ingresos operativos entre total de ingresos o ingresos totales entre gastos totales).

Igualmente, existen indicadores que evalúan la efectividad del servicio y que se utilizan para valorar hasta qué punto los usuarios consumen las salidas generadas por las actividades del transporte, por ejemplo los índices de utilización del servicio (ingresos por vehículos-hora, factores de carga y ocupación) y los de seguridad operativa (accidentes por ve-

hículos-km), los de confiabilidad (demoras por vehículo-km), los de estructura de ingresos (ingresos por vehículo, por pasajero, por unidad de carga) y los que evalúan los subsidios (ingresos por unidad monetaria de subsidio).

Seguidamente se presentan los indicadores según su naturaleza técnica (unidades físicas) o económica (unidades monetarias).

Indicadores	Objetivo que se debe medir	Ejemplos	
Técnicos	Productividad media	$\frac{\text{Ton - km}}{\text{Trabajadores}}$	$\frac{\text{Pasajeros - km}}{\text{Flota}}$
	Composición del producto	$\frac{\text{Ton - km}}{\text{Cupos - km}}$	
	Distribución de tráficos		
	Coefficientes de ocupación		
Económicos	Uso relativo de factores	$\frac{\text{Capital}}{\text{Trabajo}}$	$\frac{\text{Flota}}{\text{Empleados}}$
	Eficiencia técnica		
	Ingreso medio	$\frac{\text{Ingresos}}{\text{Pasajeros}}$	$\frac{\text{Beneficios}}{\text{Pasajeros - km}}$
	Rentabilidad de los factores	$\frac{\text{Ingresos}}{\text{Trabajadores}}$	$\frac{\text{Beneficios}}{\text{km}}$
	Costo medio	$\frac{\text{Costos}}{\text{Viajes}}$	$\frac{\text{Costos}}{\text{ton - km}}$
	Costo de los factores	$\frac{\text{Costo laboral}}{\text{Trabajadores}}$	$\frac{\text{Costo energía}}{\text{Flota}}$
	Eficiencia económica		
	Radios de cobertura	$\frac{\text{Ingresos}}{\text{Costos}}$	
	Costos e ingresos relativos		

Tabla 3.5.
Indicadores técnicos y económicos utilizados en el transporte.

Fuente:
Economía del transporte.
Ginés de Rus -
Javier Campos,
2003.

Los indicadores económicos tienen por objeto relacionar las magnitudes monetarias de una empresa (costos e ingresos) con los parámetros físicos asociados a la producción u oferta de servicios de transporte o a su consumo o demanda por parte de los usuarios.

Un tipo de indicadores económicos que suele utilizarse frecuentemente en el análisis de las actividades de transporte es la relación

entre los ingresos y los costos, los cuales señalan la existencia de beneficios o de déficit y deben calcularse al nivel más desagregado posible, por tráficos o servicios, por rutas o por productos, de manera que se pueda identificar cuáles servicios generan suficientes ingresos y cuáles no. Este análisis resulta fundamental para calcular las tarifas del transporte.

3.5 LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO OPERACIONAL DE UNA RUTA ALIMENTADORA

La siguiente metodología se hizo con base en la presentación realizada por María del Pilar Granados, Rafael David Villarreal y Raúl Roa durante el XII Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano (Claptu), efectuada en julio de 2003 en Bogotá, cuyo tema es metodología para el diseño de servicios alimentadores de Transmilenio.

Los servicios alimentadores son una extensión de la cobertura de un sistema troncal de transporte masivo. Su función es permitir el acceso de los residentes de las zonas periféricas de la ciudad al sistema troncal, a través de una integración física, tarifaria, operacional y financiera.

Los servicios alimentadores operan en las cuencas de alimentación, donde el tráfico es mixto. Estas cuencas son zonas cuya distancia a la estación dificulta el acceso a pie de la población al sistema y se caracterizan por tener densidades poblacionales capaces de generar una demanda que justifique la implementación de los servicios alimentadores del sistema. Además corresponden a sectores periféricos, de estratos sociales bajos, donde sus habitantes no están en capacidad económica de tomar un medio de transporte adicional que los desplace hacia la troncal.

Los puntos donde se integran físicamente los servicios troncales y alimentadores se denominan estaciones de integración, que pueden ser de cabecera o intermedias. En el primer caso, están ubicados en los puntos de inicio y finalización de las troncales, y el transbordo es directo. En el segundo, se encuentran localizadas en algunos puntos a lo largo de las troncales, y los pasajeros se integran tomando un puente peatonal o un paso a nivel semaforizado, que los conduce a una estación sencilla sobre el centro de la vía.

3.5.1 Delimitación de las cuencas de alimentación

El objetivo de este segmento es definir una metodología para la delimitación del área en la que se considerará la implementación de los servicios alimentadores del sistema de transporte masivo, y se denominará cuenca de alimentación. La definición y delimitación de las cuencas de alimentación debe hacerse a partir de una serie de pasos encaminados a determinar la cuenca óptima. A continuación se presentan las etapas de este proceso.

Ubicación geográfica de la troncal y la estación de integración

En primer lugar, es indispensable conocer de manera exacta el recorrido de la troncal y la ubicación del portal o estación de integración. El objetivo es definir el punto de integración y descartar aquellas zonas que no necesitarán ser atendidas por los servicios alimentadores, dada su cercanía a la troncal y la posibilidad de que estos pasajeros puedan acceder a pie, convirtiéndose en pasajeros de bajo costo para el sistema; si, por el contrario, se alimentan estas zonas, los pasajeros tendrán un mayor costo, con lo que no se genera valor agregado sino una pérdida de valor.

Radio máximo de cubrimiento de la cuenca de alimentación

El radio de la cuenca de alimentación se define por criterios financieros y operacionales: a mayor distancia recorrida, los costos operacionales son mayores y la regulación de los buses es más difícil, pues los servicios alimentadores transitan en tráfico mixto. De ahí la necesidad de definir un radio óptimo que maximice la cobertura, sin afectar notablemente los costos ni la regulación operacional.

El radio máximo, de 3 a 5 km (utilizado generalmente en Bogotá), es una función de la densidad y de la velocidad que se puedan obtener en un corredor particular; por tanto, es una función de cada servicio. En general, se podría construir un radio por rangos de densidades, que podría generarse también como una fórmula o darlo en función del IPK.

Una vez definido el centro de una circunferencia (ubicado en la estación de integración), ésta deberá dibujarse con un radio igual al máximo definido (3 - 5 km es el utilizado generalmente en Bogotá). Esta circunferencia definirá el área que se pretende cubrir. No significa que no sea flexible, pero está limitada por la longitud de las rutas y su rentabilidad. Se entiende que el diseño de los servicios alimentadores debe procurar no acercarse a este borde, salvo contadas excepciones, ya que la longitud real de estos servicios sería demasiado extensa. En la actualidad la media del ciclo completo de los servicios alimentadores en Bogotá es de 8,11 km, esto es, un radio real de 4,06 km.

Definición de zonas contiguas a la troncal que no necesitan alimentación

Deberá identificarse un cono de no alimentación definido como el área cercana a la troncal, comprendida en un sector de la circunferencia que barre un ángulo de 60° a cada lado de la línea de la troncal (figura 3.8). Esta área no deberá ser alimentada, pues se supone que los habitantes de estos sectores no estarán dispuestos a retroceder en su recorrido para acceder a los servicios troncales desde la estación.

Si se trata de una estación de integración intermedia, en el sector opuesto al cono de no alimentación, debe señalarse un área de aproximadamente 500 m a cada lado de

la troncal (figura 3.9), donde no deberán diseñarse servicios alimentadores, dado que quienes habitan esa zona pueden acceder a pie a los servicios troncales.

Identificación de los sectores pertenecientes a la cuenca de alimentación

Una vez determinada la cuenca de alimentación, delimitada por la circunferencia con un radio máximo de cobertura y definidas las zo-

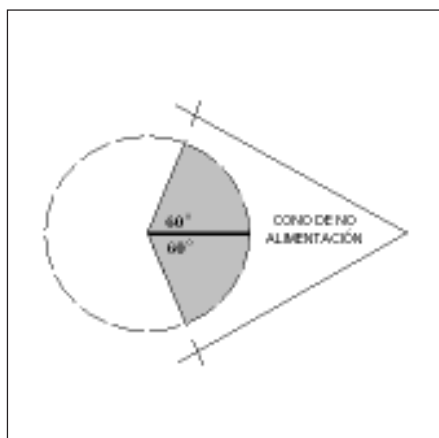


Figura 3.8. Esquema de la cuenca de alimentación con el cono de no alimentación.

Fuente:
Conferencia Claptu.
Metodología para el diseño de rutas alimentadoras de Transmilenio. Bogotá, 2003.

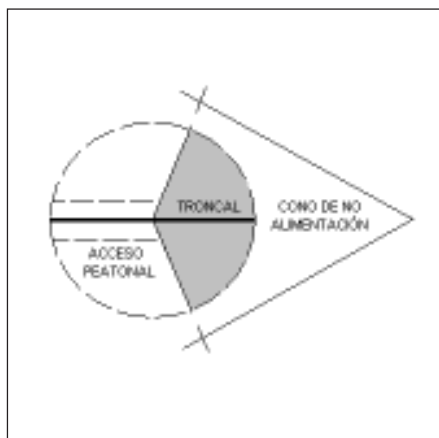


Figura 3.9. Esquema de la cuenca de integración intermedia con sectores de no alimentación.

Fuente:
Conferencia Claptu.
Metodología para el diseño de rutas alimentadoras de Transmilenio. Bogotá, 2003.

nas de no alimentación, deberán identificarse los sectores que pertenecen a la cuenca.

En algunos casos, especialmente cuando las troncales tienen estaciones de alimentación intermedias, las cuencas de alimentación de dos estaciones cercanas pueden superponerse. En esas circunstancias, el procedimiento deberá desarrollarse de manera simultánea pero independiente para las cuencas. Es decir, para cada cuenca se analizarán las características de todos los sectores incluidos en la circunferencia (excepto aquellos que pertenecen a las zonas de no alimentación), y al término del proceso la calificación final deberá definir a cuál de las cuencas de alimentación pertenece cada uno de los sectores.

La importancia de la delimitación de las cuencas de alimentación radica en que de ellas depende la ampliación de la cobertura del sistema de transporte masivo.

El radio máximo de la circunferencia trazada para la definición de la cuenca de alimentación depende del recorrido asociado a este radio, que deberá ser operacionalmente manejable, es decir, mantener una frecuencia. Además, debe ser financieramente rentable para el operador. Se supone que el radio aceptable es de 3 a 5 km, y que para el recorrido asociado a un radio mayor es operacionalmente difícil mantener una frecuencia dentro del tráfico normal. El tamaño de la cuenca se deberá limitar por criterios operacionales y financieros. Aunque no existe un estudio a fondo que permita definir estos criterios, sería ideal hacerlo, hallando el radio asociado a la distancia máxima de recorrido. Se deben efectuar estudios probabilísticos de regulación y análisis financieros para cada sitio. Estos estudios técnicos, necesarios para calcular las probabilidades, pueden realizarse con la experiencia de implantar los sistemas.

3.5.2 Metodología para definir sectores que hay que alimentar y corredores de alimentación

A continuación se plantea una metodología para definir los corredores por donde deberán circular los servicios alimentadores de un sistema de transporte masivo. Para esto, se definen los sectores que hay que alimentar a partir de la identificación de los sectores prioritarios y, sobre éstos, se identifican los corredores de alimentación, a partir de la definición y calificación de variables relevantes para cada caso.

3.5.2.1 Definición de sectores prioritarios

Con el propósito de definir los sectores por donde deberán circular los servicios alimentadores, se realiza un análisis multicriterio que inspecciona las variables relevantes y define una serie de sectores donde los servicios alimentadores son tanto indispensables como posibles. Los sectores con mayores puntajes serán los prioritarios.

Variables relevantes

Las variables que se tienen en cuenta para la caracterización y evaluación de los sectores son:

Estrato

Es una variable fundamental a la hora de definir los sectores que hay que alimentar. La integración tarifaria genera un subsidio cruzado de los pasajeros que acceden directamente a la troncal para aquellos alimentados. Este subsidio debe ser para las personas de menores recursos. El estrato representa el nivel económico y social de cada sector. Por tanto, al darles prioridad a los estratos menos favore-

cidos, en lo posible se asegura el cumplimiento del objetivo de proveer un acceso equitativo de la población al sistema, facilitando el desplazamiento hacia las troncales de quienes con sus propios recursos no podrían hacerlo. La metodología plantea encontrar el estrato de cada uno de los sectores ubicados en la cuenca de alimentación y calificarlos según la tabla 3.6. La calificación aumenta a medida que disminuyen los estratos.

Densidad poblacional

Dado que la viabilidad económica de los servicios alimentadores está determinada por su demanda y la densidad poblacional representa el número de habitantes por unidad de área de cada sector de la cuenca de alimentación, esta variable permite reconocer los sectores con mayores densidades, donde se asegura un mayor número de usuarios con menores distancias recorridas, maximizando el número de personas servidas, minimizando los costos de operación y asegurando su retribución. Por razones de uniformidad entre todas las cuencas, los parámetros de calificación de esta variable deben ser los mismos para todas. Para calificarla, se organizan las densidades poblacionales de los sectores de toda la ciudad en orden ascendente, omitiendo los valores máximo y mínimo de cada localidad con el fin de procurar rangos menos amplios; así se encuentra la diferencia entre los extremos y la variación de los rangos. Se numeran los rangos del 1 hasta el 5, donde el 5 tendrá las mayores densidades; cada sector recibe su calificación dependiendo del rango en el que se encuentre su densidad de población, dándoles así prioridad a las zonas con altas densidades de población.

Con el tiempo y con ayuda de registros históricos de la relación entre demanda y densidad en las diferentes cuencas, se pueden establecer mínimos de densidades, y recalibrar

la tabla de calificación, los extremos y los rangos.

Estrato	Calificación
6 y 5	0
4	1
3	3
2	4
1	5

Densidad	Calificación
Rango 1	1
Rango 2	2
Rango 3	3
Rango 4	4
Rango 5	5

Distancia a la estación

Esta variable repercute también en la viabilidad económica, pues a mayor distancia, mayores costos operacionales y mayor dificultad para mantener frecuencias y tiempos. Esta variable representa la longitud del recorrido ida y regreso entre la estación y un sector determinado. Permite ubicar tres tipos de sectores: a) las zonas cercanas a la estación, donde se busca que las personas accedan directamente (radio de mil metros con centro en la estación), que no deberán alimentarse pues el acceso puede hacerse caminando; b) los sectores más alejados a la estación, que implican altos costos de tiempo y de mantenimiento; c) los sectores con distancias de recorrido intermedias, donde además de suplir las necesidades de transporte, se asegura la retribución de los costos de operación.

Se deberá buscar la relación entre la longitud de un radio con centro en la estación y el

Tabla 3.6.
Calificación del estrato para la definición de sectores prioritarios.

Fuente:
Conferencia Claptu.
Metodología para el diseño de rutas alimentadoras de Transmilenio.
Bogotá, 2003.

Tabla 3.7.
Calificación de la densidad para la definición de sectores prioritarios.

Fuente:
Conferencia Claptu.
Metodología para el diseño de rutas alimentadoras de Transmilenio.
Bogotá, 2003.

recorrido real de ida y regreso entre el centro y el borde de la circunferencia a partir de una regresión. Se deberán hallar los radios de las circunferencias que representan recorridos de 4,5 , 5,5, 6,5, y 7 km, considerados límites de las distancias aceptables para los servicios alimentadores (estos límites se establecen para una cuenca específica, teniendo en cuenta costos operacionales, frecuencia y tiempo en tráfico mixto), lo mismo con un radio de 1 km. De acuerdo con la ubicación del centroide de cada sector se asigna el rango de recorrido A (de hasta 4,5 km y no menor de 1.000 m radiales), B (4,5 a 5,5 km), C (5,5 a 6,5 km), D (6,5 a 7 km) o E (radio de 5,00 km o recorrido mayor de 7 km) y la calificación correspondiente, según la tabla 3.8.

Tabla 3.8.
Calificación de la distancia para la definición de sectores prioritarios.
Fuente:
Conferencia Claptu.
Metodología para el diseño de rutas alimentadoras de Transmilenio.
Bogotá, 2003.

Distancia	Calificación
Zona A	5
Zona B	4
Zona D	1
Zona E	0

Centros de atracción y generación de demanda

Representa la presencia (o ausencia) de puntos importantes de demanda, que impliquen la necesidad de acceder a ellos desde diferentes sitios de la ciudad. Deberán ubicarse los centros importantes, como iglesias de interés cultural, museos, hospitales, centros deportivos o grandes parques, grandes centros comerciales, instituciones públicas (ministerios, secretarías, departamentos administrativos), cementerios, entre otros. Asignar a cada sector 5 (cinco) si en el sector se encuentran algunos de estos centros, ó 0 (cero), en caso contrario.

Criterios de ponderación de las variables

En la ponderación de las variables debe tenerse en cuenta si la función que representa es de tipo social o económica. Las variables con función económica son la densidad poblacional, la distancia a la estación y la ubicación de centros de atracción y generación de demanda. La variable social es el estrato. Para buscar una calificación equitativa, se asigna igual peso a las variables económicas y a las sociales.

Una ecuación de ponderación puede ser:

$$\text{Puntaje} = W * \text{Estrato} + X * \text{Densidad} + Y * \text{Distancia} + Z * \text{Centros importantes} \quad \mathbf{3-14}$$

Donde:

$W = X + Y + Z$, con el objetivo de mantener un equilibrio 1:1 entre variables sociales y económicas.

Los sectores que se considerarán prioritarios deberán tener una calificación superior al promedio, y los que haya que alimentar serán los que tengan una combinación de estrato menos favorecido (2 o menos), densidad alta y recorrido aproximado en zona B.

Definición de corredores de alimentación

Una vez definidos los sectores prioritarios, se deben determinar las vías que hay que utilizar. Es decir, las vías dentro de estos sectores que pueden usarse para los servicios alimentadores.

Variables relevantes: congestión y estado de las vías

Las variables relevantes para la definición de los corredores de alimentación pretenden explicar el estado y la congestión de cada una

de las vías, para tomar una decisión sobre cuáles de ellos permitirán una operación óptima de los servicios alimentadores. Su importancia radica en los efectos que tienen sobre la comodidad de los pasajeros y el factor económico en la operación de los servicios.

La calificación del estado de la vía y la congestión depende en gran parte del criterio del diseñador, quien deberá tener en cuenta ciertos parámetros teóricos que le permitan precisar sus juicios. La congestión y el estado de la vía están muy ligados entre sí, y la ponderación de las variables que los describen arrojará un resultado final que define el nivel de servicio para cada corredor. Deberá darse a cada corredor una calificación de acuerdo con una valoración de las variables que inciden en sus características de movilidad.

Condiciones geométricas de la vía

Se refieren al número de carriles y su ancho. Permiten determinar el nivel de comodidad de un bus alimentador al transitar por una vía, compitiendo con automóviles y otros buses de servicio público. La calificación será visual en tres tipos de vías, como se muestra en la tabla 3.9.

Tipo de vía y calificación

Condiciones del tránsito (adaptado del HCM). Se refiere al volumen de vehículos y la velocidad promedio durante las horas pico en un corredor. Igualmente, hay que tener en cuenta el número de vehículos pesados y buses. Para la evaluación de esta variable, se deben utilizar la velocidad promedio de viaje y algunos parámetros visuales. En esta metodología se recomienda usar tres niveles de servicio, A=5, B=3, C=1, los cuales deben ajustarse a la situación de los corredores en la ciudad evaluada.

Estado de las vías. Busca analizar la situación de conservación de la capa de rodadura de las vías. Igualmente, se sugiere utilizar los siguientes valores: Bueno=5, Regular=3, Malo=1.

Tipo de vía	Calificación
Vía tipo 1	5
Vía tipo 2	3
Vía tipo 3	1

Tabla 3.9.

Tipos de vía.

Fuente:

Conferencia Claptu.
Metodología para
el diseño de rutas
alimentadoras de
Transmilenio.
Bogotá, 2003.

Calificación de las variables y selección definitiva de corredores

La calificación se hace de acuerdo con una velocidad promedio estimada, resultado de una regresión, en la cual se pretende calificar todas las variables mencionadas anteriormente durante un tiempo y una distancia. Esta velocidad estimada representará posteriormente un valor entre 1 y 5.

Para calificar estas variables, el primer paso es hacer una preselección de corredores, tratar de elegir los más importantes de cada uno de los sectores que se pretende alimentar. Una vez ubicados los corredores, se analiza por cuáles de ellos circula el servicio público con el fin de ubicar dónde está concentrada la demanda, y posteriormente se hace la calificación sobre todos los corredores preseleccionados.

Ya con la calificación de cada uno de los corredores, y aplicando el juicio del diseñador, deberán definirse los corredores para los servicios alimentadores definitivos.

3.5.3 Metodología propuesta para la asignación y el cálculo de la demanda de los servicios alimentadores

A continuación se relacionan dos metodologías que permiten identificar los elemen-

tos que influyen en la demanda de los corredores de los servicios alimentadores; la decisión de utilizar cualquiera de ellas forma parte del criterio del diseñador que hace la evaluación de la ruta alimentadora. Con estas metodologías se pretende establecer la cuantificación y distribución de la demanda definitiva.

Distribución por densidades poblacionales

Esta metodología, utilizada en los diseños actuales, consiste en repartir la demanda de manera proporcional a las densidades poblacionales. La metodología distribuye la demanda total por cuenca en los corredores, de acuerdo con la densidad poblacional de los sectores que recorren, teniendo como área aferente 300 metros a lado y lado del corredor.

Distribución de acuerdo con la frecuencia-ocupación y ascensos-descensos

Esta metodología consiste en distribuir la demanda total, de acuerdo con las proporciones que resultan de los aforos de frecuencia-ocupación y ascensos-descensos en cada corredor.

Si se determinan el comportamiento de demanda de cada corredor y los perfiles de demanda por tramos a través de los estudios de ascensos-descensos y frecuencia-ocupación, se encuentra la demanda total en la cuenca y se puede establecer el porcentaje de carga para cada perfil de demanda del corredor. Teniendo este porcentaje se multiplica por la demanda inicial estimada por un modelo y se encuentra la carga para cada corredor.

3.6 LINEAMIENTOS PARA LA MODIFICACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

La Subsecretaría Operativa de la Secretaría de Tránsito y Transporte de la ciudad de Bogotá, mediante Resolución 306 de 2002, corregida por la Resolución 371 de 2002, fijó unos lineamientos generales para la modificación de rutas de transporte público legalmente autorizadas, de conformidad con lo establecido en los artículos 32 y 33 del Decreto 170 del 5 de febrero de 2001, expedido por el Ministerio de Transporte, “Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros”. En la anterior reglamentación se plantea que las empresas de transporte que tengan autorizada una ruta podrán solicitar la modificación de la misma una sola vez, pero en ningún caso la longitud y el recorrido de la ruta modificada podrán tener alteración de más del 10% sobre la ruta original, ya sea por defecto o por exceso, y no podrá desplazarse más de una terminal.

Antes de realizar la modificación de una ruta de transporte se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos: inicialmente se deben plantear los objetivos, establecer recursos suficientes y los procedimientos técnicos tanto en campo como en oficina para la ejecución de este tipo de estudio. Igualmente, se debe realizar una visita a campo antes de cualquier decisión, la cual es de gran importancia para una adecuada planeación y ejecución de los trabajos, pues los estudios de campo son por lo general costosos y difícilmente se pueden repetir, por lo que deben llevarse a cabo considerando todas las alternativas posibles.

Adicionalmente, ante la Secretaría de Tránsito y Transporte se debe presentar la propuesta de la modificación de la ruta, la cual debe ir sustentada por un estudio técnico que justifique la necesidad de atender una demanda de usuarios insatisfecha. Los dos cuestionamientos importantes que debe resolver el consultor cuando esté desarrollando el estudio para la determinación de la modificación de una ruta de transporte son los siguientes:

- Garantizar el cubrimiento del servicio de transporte público en el área donde el cubrimiento se puede mejorar significativamente, pero con muy buena calidad.
- Y el impacto que ocasionaría desplazar la ruta a otro sector, desde el punto de vista de la calidad del servicio dado por el po-

sible retiro de la ruta y desde la óptica vista del impacto en el tránsito sobre la red vial en el otro sector.

En la figura 3.10 se presentan las actividades de mayor relevancia como parte fundamental de los lineamientos necesarios para un estudio orientado a modificar las rutas de transporte público.

Como primera medida se debe determinar el área de influencia del estudio, la cual estaría dada por la zona de cubrimiento del servicio de transporte público correspondiente a la ruta actual y a la propuesta. Se recomienda una zona determinada entre 500 m y 750 m, adyacente a las rutas estudiadas.

Así mismo, con la finalidad de analizar de una manera integral las interrelaciones en-



Figura 3.10.
Lineamientos
para la
modificación
de rutas.

Fuente:
Elaboración
propia.

tre los subsistemas de actividades y el subsistema de transporte, actual y futuro, es importante incluir los usos del suelo que de algún modo representan la generación de las actividades, y las características generales del entorno y del medio ambiente, que brindan las posibilidades y las limitaciones en el desarrollo de las alternativas y soluciones planteadas en la modificación de cualquier ruta de transporte en la ciudad. Dentro de la información disponible que es necesaria para el desarrollo del estudio técnico se recomienda fundamentalmente revisar los siguientes temas:

- ♦ Proyectos POT, viales y proyectos privados.
- ♦ Caracterización del tránsito (volúmenes y conteos).
- ♦ Caracterización del transporte público (rutas, redes, paraderos, frecuencias y demanda). También se debe incluir el recorrido de la ruta autorizada, donde se describa en forma detallada la ruta de transporte autorizada por la Secretaría de Tránsito y Transporte, vías por donde se moviliza, paraderos, frecuencias, tipos de vehículos, entre otros.
- ♦ Actividades, usos del suelo, entorno y medio ambiente y aspectos socioeconómicos.
- ♦ Cartografía y sistema vial existente.
- ♦ Dispositivos de control del tránsito.
- ♦ Variables socioeconómicas.
- ♦ Registros de accidentes de tránsito.

Inicialmente se debe determinar qué clase de problema se presenta para definir el tipo de datos que se necesitan. En el caso de la modificación de una ruta de transporte, corresponde a la demanda insatisfecha de los usuarios.

Los estudios de campo relevantes para el desarrollo del estudio técnico son los siguientes: encuesta origen y destino y de opinión,

principalmente en los paraderos de buses en el área de influencia, estudio de tiempos de recorrido, demoras y velocidad, estudio de frecuencia y ocupación visual, y conteos vehiculares en la red de transporte.

Por diferentes causas, las condiciones mínimas del servicio requerido no suelen cumplirse, especialmente en períodos pico. Un parámetro importante en la evaluación de la eficiencia de la prestación del servicio de transporte público es la determinación de la demanda insatisfecha, donde se identifica el número de pasajeros que no cuentan con servicio de transporte para satisfacer sus necesidades de movilización dentro de un sector geográfico determinado y corresponde a la diferencia entre la demanda total existente y la oferta autorizada. Por tanto, el estudio de demanda insatisfecha debe contener una toma de información que establezca la capacidad vehicular (número de sillas ocupadas) existente y la capacidad empleada (índices de ocupación), la cual se podrá realizar en paraderos y terminales de la ruta. Adicionalmente, se deberá efectuar una encuesta de origen/destino como mínimo del 20% de la población que utiliza la ruta.

Con base en los datos anteriores se realiza una caracterización de la situación actual, especialmente en lo que tiene que ver con el sistema de transporte en el área de influencia y la calidad del servicio prestado hoy en día. De este análisis se derivan la determinación de la demanda objetivo, la proyección de la demanda y el diseño operacional de la nueva ruta, donde se definan el itinerario, sitios de parada, frecuencias y en general las diferentes características de la nueva alternativa planteada, así como el horario de servicio de las rutas de mayor demanda en una zona específica, que a su vez son los insumos para la estimación de los indicadores del desempeño y calidad del servicio.

Es fundamental realizar desde el inicio un análisis conceptual de los posibles impactos que tendrá la modificación de la ruta dentro de un área de afectación definida por la considerable influencia que tiene la misma operación de la ruta dentro del sistema de tráfico existente. Por esta razón se debe determinar, presentar y revisar el área de influencia inicial, que dependerá básicamente de la interacción entre el sistema de transporte circundante del proyecto y de la dinámica de la ruta en sí. En tal sentido, el área de influencia depende de la magnitud y el tipo de modificación planteada.

En el estudio se debe incluir un plano a escala adecuada, donde se consignen de manera gráfica el recorrido actual y el propuesto para la ruta en estudio, incluyendo las longitudes y tiempos de recorrido para las dos situaciones y a su vez realizar un cuadro comparativo en el que se haga un análisis de las ventajas y desventajas tanto en longitudes como en tiempos de recorrido y demoras. Y como una característica del producto esperado, hay que especificar las frecuencias para las horas de máxima demanda y las horas valle del día, entre semana y fines de semana, con base en los resultados ob-



Figura 3.11.
Perfil de
cargamento.
Ejemplo.

Fuente:
Elaboración
propia.

tenidos en el estudio de demanda insatisfecha. Igualmente, se debe especificar el tipo de vehículo que circulará por la ruta propuesta.

3.7 REORGANIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

A causa de la entrada en funcionamiento del sistema de transporte masivo de pasajeros denominado Transmilenio, en la ciudad de Bogotá surgió la necesidad de construir un sistema de transporte que garantizara la accesibilidad y movilidad funcionales dentro del territorio distrital y de éste con la región. Adicionalmente, para la administración era claro que el sistema Transmilenio no podía cubrir el total de viajes que se generaban en la ciu-

dad, por lo cual se determinó reorganizar el transporte público colectivo con el fin de garantizar el servicio de los usuarios que no tenían acceso al sistema de transporte masivo.

Por tanto, se considera importante incluir la metodología utilizada en el estudio de la reorganización de rutas de transporte público colectivo de la ciudad de Bogotá, con lo cual se pretende establecer los parámetros generales en la elaboración de este tipo de estudios.

En la figura 3.12 se ilustran las distintas actividades de mayor importancia para la ejecución de estudios técnicos de esta naturaleza.

La primera de ellas es la definición inicial del área de influencia, que básicamente tiene que ver con la determinación de la zona de impacto del proyecto de reorganización de ru-

Figura 3.12.
Lineamientos
para la
reorganización
de rutas.



Fuente:
Elaboración
propia.

tas de transporte público, la cual se definirá con la zona de cobertura del servicio actual y futuro, correspondiente a las rutas actuales y reorganizadas en el sistema de transporte urbano.

Dentro de la información disponible que se requiere para el desarrollo del estudio técnico se recomienda fundamentalmente revisar los siguientes temas:

- ♦ Proyectos POT, proyectos de transporte público masivo, viales y proyectos privados.
- ♦ Caracterización del tránsito (volúmenes y conteos).
- ♦ Caracterización del transporte público (rutas, redes, paraderos, frecuencias y demanda).

- ♦ Actividades, usos del suelo, entorno y medio ambiente y aspectos socioeconómicos.
- ♦ Cartografía y sistema vial existente.
- ♦ Dispositivos de control del tránsito.
- ♦ Variables socioeconómicas.
- ♦ Registros de accidentes de tránsito.

Se deben realizar una serie de estudios de campo, los cuales han de seguir los lineamientos expuestos en este manual:

- ♦ *Estudios de origen y destino a partir de encuestas domiciliarias.* Estas encuestas son un método convencional para obtener información detallada sobre las características de los viajes que realizan los habitantes de una zona urbana. Se hacen en cada una de las viviendas que perte-

necen a una muestra previamente seleccionada, y permiten obtener información sobre los viajes efectuados en el día inmediatamente anterior al de la encuesta, así como información sobre variables socioeconómicas y la tenencia de vehículos. La principal información que se debe conseguir con las encuestas son datos de identificación de la vivienda, número de habitantes de la vivienda, al igual que información de cada una de las personas según los viajes que realiza, características básicas de la vivienda, nivel socioeconómico de los habitantes, registro de los viajes origen – destino, tiempo empleado en los recorridos, motivo del viaje y medio de transporte utilizado.

- ♦ *Registro de placas de los vehículos.* Esto permite determinar la matriz origen-destino de los viajes de los vehículos que entran y salen de la zona en evaluación, y los tiempos de recorrido entre los orígenes y destinos, al igual que las velocidades promedio de recorrido. Los resultados obtenidos permiten realizar también el análisis de capacidad en las clases de vías que se vean afectadas en la zona de influencia en estudio, así como cuantificar el tránsito por tipo de vehículo, implementar medidas de gestión del tránsito, como por ejemplo cambios en los sentidos viales, estimación de la demanda en un nuevo corredor vial, asignación de nuevas rutas, entre otros.
- ♦ *Estudios de origen y destino a partir del método de ascenso y descenso de pasajeros en cada ruta.* Permiten precisar los orígenes y destinos de los pasajeros que utilizan una ruta específica de transporte público, al igual que determinar la carga de pasajeros y de buses en un punto específico de la red en un período de tiempo definido, establecer el tiempo trans-

currido entre dos buses consecutivos de las diferentes rutas que utilizan el mismo corredor, así como también estimar el número de pasajeros que hacen uso del servicio en el tramo en evaluación. Al establecer la frecuencia y nivel de ocupación se determinan el número de vehículos y de personas, con lo cual se pueden cuantificar la oferta y la demanda de transporte.

- ♦ Estudios de tiempos de recorrido y demoras en las rutas de transporte público.
- ♦ Estudios de frecuencia y ocupación vehicular.

Una vez hechos los anteriores estudios, se deben generar las siguientes actividades:

- ♦ *Procesamiento de la información de campo.* Gracias a esto se obtienen las variables de tiempos de recorrido, velocidades y asignaciones de tránsito a la red vial.
- ♦ *Recopilación, evaluación y análisis de información existente.*
 - Inicialmente se conforma una base con la información de oferta física y operativa de la red vial.
 - Se crean bases de datos con información de itinerarios de las rutas de transporte, frecuencia y capacidad transportadora, ocupación visual, velocidades y volúmenes vehiculares.
- ♦ *Matriz de viajes.* Se obtiene de las encuestas de origen-destino. Para esto se pueden utilizar varios métodos:
 - *Promedio.* Valor de la suma de los viajes en una celda, promediado por el número de puestos por donde se identificó el mismo par.
 - *Suma.* La suma de todos los viajes en todos los puntos donde se identificó el par origen-destino.

- *Promedio estadístico.* Suma de los viajes promediada por el número de puestos de encuesta por donde pasan los viajes identificados por el modelo de asignación.
- *Máximo.* Máximo de viajes identificado en los tramos de aforo para cada celda de la matriz.
- Matriz de viajes pronosticada en el período de análisis del estudio.

A través de una evaluación y análisis preliminar de la situación actual, mediante un *software* que permita realizar la modelación de las diferentes rutas con sus características actuales, se podrá formular un diagnóstico integral del sistema de rutas de transporte público objeto de la reorganización y, de acuerdo con la información, la flota actual y los niveles de operación; por otro lado, con los datos de frecuencia y ocupación visual, se establece la condición operativa del transporte colectivo.

Finalmente, se deben generar los planteamientos de alternativas de redes y elección de las posibles acciones para la implementación del sistema de transporte masivo con la reestructuración del transporte público, para lo cual se deben modelar las alternativas seleccionadas. Dado que se pretende un sistema de transporte integral, se requiere la evaluación y posterior salida de rutas de transporte colectivo, las cuales serán sustituidas por el sistema de transporte masivo, por recorte o modificación del itinerario de otras, implicando la disminución de la cantidad de vehículos. Además, es necesario medir los impactos que se generarán sobre las rutas que actualmente utilizan los corredores principales por donde circulará el sistema de transporte masivo.

Una vez establecida la mejor opción se realiza la propuesta de reestructuración de las rutas de transporte colectivo redimensionadas, teniendo en cuenta la asignación de la deman-

da, así como el análisis comparativo de los cargamentos obtenidos e indicadores operacionales. Se deben establecer en forma detallada las rutas de la ciudad, de manera que se ajusten a las nuevas condiciones del sistema, con lo cual se permitirá examinar el parque vehicular real de cada empresa y compararlo con las salidas del modelo, con el fin de que se puedan ajustar las capacidades transportadoras y, por último, poder establecer una priorización en la intervención de los diferentes corredores de la malla vial utilizados por el sistema de transporte público colectivo.

Posteriormente se realizan el diseño operacional y el dimensionamiento de las rutas, de acuerdo con la optimización de frecuencias y flota, así como de la adecuación del tipo de vehículos. Como complemento, se debe efectuar un análisis de frecuencias por tramos de la red vial utilizada para la reestructuración de rutas.

Adicionalmente, se recomienda hacer un análisis de los impactos debido a la entrada en operación del sistema de transporte masivo sobre las rutas de transporte colectivo, considerando impactos a las empresas y a la demanda en las vías alternas del área evaluada. Se debe efectuar una evaluación económica del proyecto de reestructuración, el cual mide el impacto que tendrá la inversión en infraestructura de los corredores; entre los criterios que se deben emplear en la evaluación se tienen la relación B/C, la TIR y el VPN de cada una de las alternativas estudiadas. La cuantificación debe hacerse tanto para la inversión pública –costos de inversión, costos de mantenimiento de la infraestructura, costo de funcionamiento del sistema de transporte masivo como organismo de gestión–, como para la inversión privada –costo de inversión del material rodante, costo de mantenimiento del material rodante y costos de inversión en terminales–.

Entre los impactos se debe tener en cuenta un análisis de los beneficios generados, co-

mo los ingresos producidos en relación con la actividad de transporte (producto de los usuarios por la tarifa media), los ingresos con respecto a otras actividades no relacionadas con el transporte de pasajeros (publicidad), evaluación de la reducción del tiempo total de desplazamiento, así como valor monetario del ahorro de los tiempos de viaje, ahorros en los costos de operación y funcionamiento del servicio de transporte público. Evaluación de accesibilidad en disminución del número de transbordos.

3.8 FORMULACIÓN DE TERMINALES SATÉLITES

El desarrollo de la ciudad de Bogotá durante los últimos años ha generado la necesidad de establecer mecanismos que optimicen y mejoren las condiciones de movilidad de los usuarios en los corredores principales y secundarios de la red vial. Una de estas medidas consiste en plantear la solución de implementar terminales satélites que servirán la demanda

de aquellos usuarios cuyo origen o destino dentro de la ciudad está en el área de influencia de dicha terminal y que requieran el transporte por el mismo corredor, con lo cual se busca dar una solución al transporte interurbano de pasajeros en la ciudad, minimizando el impacto que la operación actual tiene sobre la movilidad de los corredores principales de Bogotá.

El Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD) realizó un estudio de terminales satélites, en el que mediante la definición de un sistema de terminales satélites de transporte ubicados en las afueras de los corredores norte, sur y oriente de la ciudad, y considerando la articulación con la terminal existente y con los sistemas de transporte masivo y colectivo de la ciudad, se pretende contribuir a la movilidad de la ciudad.

A continuación se establecen los lineamientos generales que se tuvieron en cuenta para desarrollar el estudio y que servirán como base metodológica de este tipo de estudios. En la figura 3.13 se ilustran las actividades claves para el desarrollo del estudio.

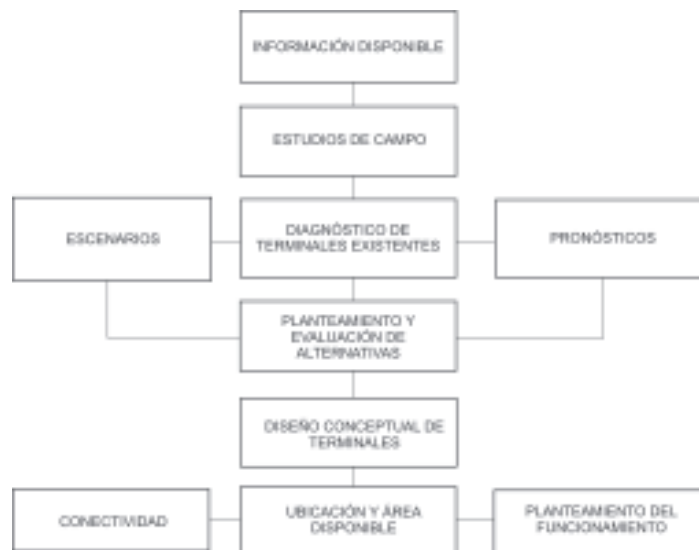


Figura 3.13
Lineamientos para la formulación de terminales satélites.

Fuente:
Elaboración propia.

- ♦ Inicialmente se lleva a cabo una etapa de recopilación de información primaria y secundaria que permita llegar a establecer un diagnóstico de la situación actual. En la información primaria están encuestas a pasajeros, conteo de pasajeros que llegan a la terminal principal, seguimiento a los itinerarios de los vehículos, conteos del volumen y la distribución horaria de pasajeros que toman el transporte metropolitano hacia los pueblos cercanos a la ciudad. En cuanto a las encuestas que se deben realizar en la terminal central, tienen que hacerse a los usuarios en los diferentes módulos de salida, con el objeto de caracterizar la demanda de los usuarios que viajan fuera de la ciudad y toman el bus en la terminal de transporte de Bogotá; adicionalmente, se recomienda hacer encuestas en terminales informales a los usuarios que abordan los vehículos en los puntos más importantes de paradas regulares que se realizan para el ascenso de pasajeros (paraderos informales), con el objeto de caracterizar la demanda de los usuarios que viajan fuera de la ciudad y no toman el bus en la terminal central.
- ♦ Posteriormente, se efectúa la caracterización de la situación actual en los ámbitos institucional (normas vigentes en cuanto al tema), operativo (red vial, paraderos informales, tiempos de recorrido e inventario de las empresas legales que circulan por los corredores que se van a evaluar) y administrativo (entes reguladores del transporte intermunicipal).
- ♦ A partir del análisis de la información recolectada, se determinan las proyecciones de las demandas en cada uno de los escenarios propuestos y se recomienda un sistema de terminales satélites, así como su operación, y se establecen las áreas requeridas para su desarrollo, según los siguientes parámetros:
 - *Evaluación de la demanda de vehículos y pasajeros (mediante ascensos y descensos).* El número de paraderos se obtiene del total de paradas realizadas por los vehículos en seguimiento, y las paradas por vehículo se obtienen al dividir el número total de detenciones efectuadas en el corredor por el número de buses a los cuales se hizo seguimiento.
 - *Proyecciones de pasajeros y vehículos.* La proyección de la demanda de los vehículos se debe realizar con base en los datos históricos de los buses suministrados por la terminal de transporte de Bogotá; para la proyección de los pasajeros se deben usar la proyección de vehículos y la utilización por parte de los usuarios. En cuanto a la proyección de pasajeros, se debe hacer un análisis con base en la información secundaria recopilada.
 - *Planteamiento del sistema de terminales con base en el resultado del análisis de la anterior información.* Se deben generar diferentes alternativas, dadas las características de cada tipo de demanda vehicular y peatonal encontrado. En las alternativas de operación y sus criterios de análisis se deben contemplar la operación corto, mediano y largo plazos, especificando las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas planteadas, las cuales también deben plantear opciones en cuanto a la ubicación de los terminales.
 - Finalmente, se establecen las áreas requeridas para la implementación de los terminales, donde se deben tener en cuenta los criterios estableci-

dos en el POT para ejecutar proyectos de gran impacto. Se deben dimensionar las infraestructuras necesarias (plataformas, zona operativa, zona de edificaciones) y, en general, el área total requerida que comprende el área operativa y la construida, es decir, la de atención a los pasajeros; se deben estimar las áreas necesarias tanto para la operación de paso (corto plazo) como para la operación origen - destino (largo plazo). Los principales criterios que se deben tener en cuenta en la identificación de las zonas aptas para la localización de las terminales satélites son interconexión de ciudades, la estructura funcional y la estructura socioeconómica y espacial (integrada por la red de centralidades). Las tres estructuras deben consolidarse en función de la integración regional y la consideración de que en ese modelo se hace una apuesta por consolidar esas centralidades e integrarlas con la región.

- Se recomienda realizar una evaluación multicriterio que permita generar una matriz que considere los criterios necesarios para definir la localización adecuada de cada terminal, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: relación con el modelo de ordenamiento establecido en el POT, accesibilidad vial, integración con el transporte urbano, impactos sobre el entorno (ambientales y urbanísticos) y costos, tanto de implantación como de operación. De esta manera, se establece una lista de prioridades, en la cual el lote seleccionado es aquel que cuenta con la mayor calificación.

Una parte importante en el desarrollo de estos estudios es determinar la conectividad que se debe tener con los otros sistemas de transporte, como el transporte masivo de pasajeros, el colectivo, el particular y el de taxis o el transporte público individual, con lo cual se define el sistema de movilidad que integra de manera jerarquizada e interdependiente los diversos modos de transporte de personas y mercancías, con las diversas modalidades de vías y espacios públicos de la ciudad y el territorio rural.

Adicionalmente, se deben seguir los lineamientos generales para la elaboración del plan de implantación y del plan de manejo ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTP (1992). *Manual de gerenciamiento de transporte público urbano*, Manual 6.
- Bovy, H. (1974). Lausana: "Les transports en commun", apostila do curso "Aménagement du territoire et transports II". Institut de Technique des Transports (ITT).
- Box, P.C. & J.C. Oppenlander (1985). *Manual de estudios de ingeniería de tránsito*, 4ª ed., México, D.F.: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
- Clatpu. XII Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano (2003). María del Pilar Granados, Rafael David Villarreal y Raúl Roa. Metodología para el diseño de servicios alimentadores de Transmilenio. Bogotá.
- Colin, H. Alter (1976). Transportation Research Board – 606. TRB, Estados Unidos.
- Decreto 170 del Ministerio de Transporte del 5 de febrero de 2001.
- Dueñas, Domingo (2001). *Transporte público urbano*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja.
- EBTU, Gerencia do Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP). 1988. Módulos de treinamento.
- Ministerio de Transporte, República de Colombia. Resolución 4350 de diciembre de 1998.

- Molinero, Ángel y Sánchez, Ignacio (1996). Transporte público: planeación, diseño, operación y administración.
- Resolución 306 de 2002 de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá.
- Resolución 371 de 2002 de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá.
- Robertson, H.D., & J.E. Hummer, D.C. Nelson (1994). *Manual of transportation engineering studies*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prince Hall.
- Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) (1986). Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. *Manual normativo*, tomo V, Operación del transporte público.
- Metodología para el diseño de servicios alimentadores de Transmilenio. Bogotá, julio de 2003.

4

Estudios de Campo para la Demanda de Transporte Público

CONTENIDO

4.1	FRECUENCIA Y OCUPACIÓN VISUAL	4-6
4.1.1	Planeación	4-9
4.1.1.1	Logística	4-9
4.1.2	Ejecución	4-12
4.1.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	4-12
4.1.3.1	Determinación de intervalos de paso y frecuencia de buses	4-12
4.2	ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE UNIDADES DE TRANSPORTE	4-16
4.2.1	Planeación	4-17
4.2.1.1	Logística	4-17
4.2.2	Ejecución	4-18
4.2.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	4-20
4.3	ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO EN PARADEROS	4-21
4.3.1	Planeación	4-21
4.3.1.1	Logística	4-21
4.3.2	Ejecución	4-23
4.3.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	4-25
4.4	ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO DE PASAJEROS POR EL MÉTODO DE LOS BOLETOS	4-25
4.4.1	Planeación	4-26
4.4.1.1	Logística	4-26
4.4.2	Ejecución	4-27
4.4.3	Procesamiento y generación de resultados	4-28
4.5	ENCUESTAS A USUARIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS	4-29
4.5.1	Planeación	4-29
4.5.1.1	Formatos de campo	4-30
4.5.2	Ejecución	4-34
4.5.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	4-35
4.5.3.1	Codificación, captura y validación	4-35
4.5.3.2	Expansión.....	4-35
4.5.3.3	Generación de resultados	4-35
4.6	ESTUDIO DE TRANSPORTE EN TAXIS O EN TRANSPORTE INDIVIDUAL	4-36
4.6.1	Planeación	4-37
4.6.1.1	Logística personal y equipo	4-37
4.6.1.2	Formatos de campo	4-37
4.6.2	Ejecución	4-39
4.6.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	4-40
4.6.3.1	Parámetros de operación de vehículo	4-40
4.6.3.2	Estimación de la demanda de transporte	4-41
4.6.3.3	Estimación de las necesidades de equipos	4-41

4.7	OCUPACIÓN VISUAL EN TRANSPORTE INDIVIDUAL	4-42
4.7.1	Planeación	4-42
4.7.1.1	Logística	4-42
4.7.2	Ejecución	4-45
4.7.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	4-45
4.8	ENCUESTA DE PREFERENCIA DECLARADA	4-45
4.8.1	Procedimiento general del diseño de una encuesta	4-47
4.8.1.1	Selección de variables de la encuesta (tiempo, costo, servicios)	4-48

FIGURAS

Figura 4.1	Parámetros de referencia para definir niveles de ocupación del transporte público colectivo y masivo	4-7
Figura 4.2	Formato de campo para el estudio de frecuencia y ocupación visual de servicio público por el método de contraste visual	4-11
Figura 4.3	Formato de campo para el estudio de ascenso y descenso de pasajeros	4-19
Figura 4.4	Hoja resumen del estudio de ascenso y descenso de pasajeros	4-22
Figura 4.5	Formato de campo para el estudio de ascenso y descenso en paraderos	4-24
Figura 4.6	Talonario y sobres para estudio de origen y destino con boletos	4-27
Figura 4.7	Formato de campo para encuesta de origen y destino a usuarios de transporte público, a bordo del vehículo	4-31
Figura 4.8	Formato de campo para encuesta de opinión a usuarios de transporte público, realizada en sitios de paradero	4-33
Figura 4.9	Formato de campo para el estudio de transporte en taxi. Diario de viajes	4-38
Figura 4.10	Formato de campo para el estudio de ocupación visual de transporte individual	4-44
Figura 4.11	Ejemplo de tarjeta para prueba piloto	4-48
Figura 4.12	Ejemplo de tarjeta con dos variables	4-49

TABLAS

Tabla 4.1	Caracterización de los vehículos de transporte público por tipo	4-7
Tabla 4.2	Presentación de la información recopilada en una base de datos	4-14
Tabla 4.3	Resumen de pasajeros movilizadas por períodos en una ruta, global o por empresa	4-14
Tabla 4.4	Resumen de conteo de pasajeros para varios aforos	4-15
Tabla 4.5	Presentación de resultados de ascenso y descenso en transporte público	4-21
Tabla 4.6	Presentación de resultados de ascenso y descenso en paraderos	4-26

Los estudios técnicos que pueden llevarse a cabo para obtener la mayor eficiencia del transporte público y que deben realizarse para establecer la demanda en el transporte público son el ascenso y descenso de pasajeros a bordo del transporte público, estudios de origen y destino por el método de las boletas, encuestas a usuarios, estudio de taxis, inventario y operación de las zonas amarillas y, finalmente, encuestas de preferencia declarada.

A continuación se relacionan los estudios necesarios para establecer la demanda del transporte público, con los objetivos principales de cada uno de ellos:

- ♦ *Frecuencia de paso y ocupación.* Con este estudio se busca establecer el número de buses y de pasajeros que pasan por un determinado punto en una ruta de transporte público durante un período definido de tiempo, así como conocer el intervalo de paso y las frecuencias de servicio de las rutas que pasan por puntos de aforo o de referencia estratégicamente ubicados y, por último, revisar la operación del transporte público en un corredor determinado.
- ♦ *Ascenso y descenso de pasajeros.* El principal objetivo del estudio de ascenso y descenso de pasajeros es obtener el número de pasajeros que suben y bajan de un vehículo de transporte público en un paradero o tramo a lo largo de una ruta, conforme a una muestra establecida previamente para un período determinado; además, conocer la rotación de la demanda que se presenta a lo largo de una ruta de transporte público y las cargas de pasajeros en los diferentes tramos que la conforman, identificar los puntos de máxima demanda (ascensos y descensos) en el itinerario de la ruta y determinar los pasajeros movilizados por viaje de la ruta en estudio y, con complemento de datos de otros estudios, parámetros tales como el índice de pasajeros por kilómetro y los ingresos de la ruta.
- ♦ *Estudio de origen y destino por el método de las boletas.* Su propósito principal es obtener la matriz origen - destino de los viajes que se realizan a través de una ruta de transporte público, así como las distancias medias de recorrido por viaje en la ruta. Esta información complementa los resultados del estudio de encuestas a usuarios, donde se investigan el origen y destino y las distancias medias de acceso al servicio de transporte público.
- ♦ *Encuestas a usuarios de transporte público.* Mediante estas encuestas se busca identificar las características básicas de los viajes de la demanda existente, tales como origen y destino de viajes, distancias de ca-

minata, transbordos y algunos parámetros de las características socioeconómicas de los usuarios. Las encuestas de opinión buscan caracterizar el sistema de transporte público desde los puntos de vista de confiabilidad, tiempo de viaje, accesibilidad, comodidad, conveniencia, seguridad y costos, además de pretender caracterizar la demanda insatisfecha y sus principales características en una ruta de transporte público colectivo urbano de pasajeros.

- ♦ *Estudio de taxis o transporte público individual.* Orientado a conocer los parámetros de funcionamiento u operación, con el fin de contar con un criterio técnico para la evaluación del servicio, para la fijación de tarifas y para la toma de decisiones con respecto a las verdaderas necesidades del parque de taxis en una ciudad, ya sea para la ampliación o congelación de los cupos o para la adopción de medidas de regulación y control.
- ♦ *Estudio de ocupación visual en transporte público individual.* Consiste en identificar y registrar la utilización del vehículo al pasar por el punto de observación con un patrón definido.
- ♦ *Encuestas de preferencia declarada.* Este tipo de encuestas consiste en la utilización de técnicas de mercadotecnia, cuyos productos principales son unos estimados de cuánto estarían dispuestos a pagar los usuarios por ahorrar tiempo en sus viajes, o sea un estimado de su valor de tiempo y la significación que dan características como el confort y la seguridad.

4.1 FRECUENCIA Y OCUPACIÓN VISUAL

Este es un estudio de utilización del servicio de transporte público, que permite deter-

minar la carga de pasajeros y de buses en un punto determinado de la red dentro de un período de tiempo definido. Básicamente consiste en: a) determinar el tiempo transcurrido entre el paso de dos buses consecutivos de las diferentes rutas que utilizan el corredor bajo análisis y b) contar o estimar el número de pasajeros que hacen uso del servicio en el tramo en el cual se ubica el punto de aforo. La frecuencia de servicio es tan importante como el nivel de ocupación; mientras que el primer parámetro da el número de vehículos, el segundo da el número de personas, es decir, que se cuantifica tanto la oferta como la demanda de transporte.

El punto de aforo se debe ubicar estratégicamente a lo largo del itinerario de la ruta, en especial donde haya una fuerte concentración de actividades, que produzca una alta generación y atracción de viajes. Los estudios de frecuencia y ocupación visual vehicular dan una información más sucinta que los estudios de ascenso y descenso de pasajeros o rotación de la demanda; sin embargo, si se hacen aforos en varios puntos a lo largo del itinerario de la ruta, se alcanza mayor utilidad de los resultados del estudio porque se obtiene información de diferentes tramos de la misma.

Además del intervalo y la ocupación, el estudio permite conocer la composición por tipos de vehículos utilizados, las frecuencias de pasos, el tiempo de ciclo y el índice de regularidad. Los resultados del estudio sirven como punto de partida para el dimensionamiento de la flota, para la preparación de itinerarios y para medir la calidad del servicio ofrecido.

Se deben hacer estudios de frecuencia y ocupación visual vehicular cuando: a) se observen condiciones anormales o problemáticas reportadas por la ciudadanía, o por los supervisores de operación de las empresas de transporte; b) cuando se produzca un desplazamiento del sector de máxima demanda; c) cuando

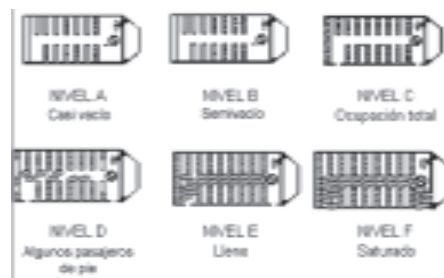
se requiera la información para los estudios de programación de la operación, planeación e investigación de transporte y d) cuando los vehículos de transporte público no tienen registradora, como en el caso de unidades de poca capacidad, y es necesario conocer la movilización de pasajeros en una ruta.

La clasificación de los niveles de ocupación para el transporte público se centra en los criterios establecidos para estimar el número promedio de pasajeros por tipo de vehículo de servicio público colectivo, en función de los diferentes niveles de ocupación, los cuales se relacionan a continuación (figura 4.1):

- Nivel de ocupación A: *Casi vacío*. Cuando la cuarta parte de las sillas se encuentra ocupada.

Figura 4.1.
Parámetros de referencia para definir niveles de ocupación del transporte público colectivo y masivo.

Fuente:
Adaptado de información suministrada por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, Subsecretaría Técnica.



- Nivel de ocupación B: *Semivacío*. Cuando la mitad del número de sillas está ocupada.
- Nivel de ocupación C: *Ocupación total*. Cuando el total de las sillas se encuentran ocupadas.
- Nivel de ocupación D: *Algunos pasajeros de pie*. Cuando la mitad del pasillo se encuentra ocupada.
- Nivel de ocupación E: *Lleno*. Cuando todos los asientos y pasillos del vehículo están ocupados.
- Nivel de ocupación F: *Saturado*. El bus lleva sobrecupo.

Para calcular los valores de los niveles de ocupación se parte del criterio de que el nivel C corresponde al número total de sillas que posee el vehículo en evaluación y el nivel F es la capacidad transportadora. Con base en estos dos datos se establecen los otros niveles de ocupación, de acuerdo con los criterios definidos según el número de sillas ocupadas, obteniendo los resultados de la tabla 4.1.

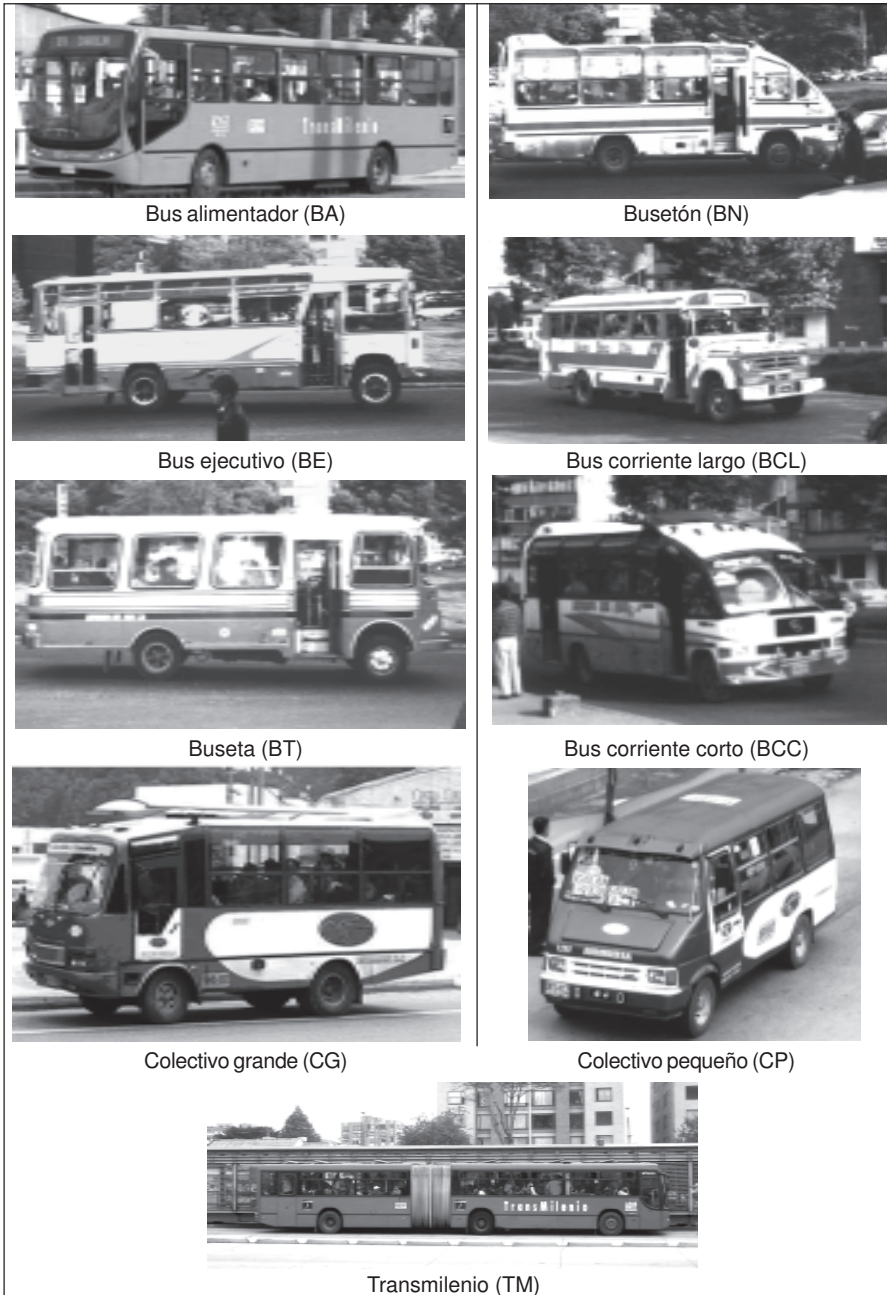
La Secretaría de Tránsito y Transporte plantea la siguiente clasificación del parque automotor que presta el servicio de transporte público en Bogotá.

A continuación se muestran los diferentes tipos de vehículos utilizados para caracterizar el transporte público de la ciudad de Bogotá.

Tabla 4.1.
Caracterización de los vehículos de transporte público por tipo.

Fuente:
Elaboración propia.
Adaptado de información suministrada por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, Subsecretaría Técnica.

Nombre	Nomenclatura	A	B	C	D	E	F
Bus alimentador	BA	10	19	39	63	87	>87
Busetón	BN	7	14	29	37	45	>45
Bus ejecutivo	BE	10	20	40	50	60	>60
Bus corriente corto	BCC	9	18	36	48	60	>60
Bus corriente largo	BCL	11	21	43	56	70	>70
Buseta	BT	7	14	29	34	39	>39
Colectivo grande	CG	4	9	19	23	26	>26
Colectivo pequeño	CP	3	6	12	13	15	>15
Transmilenio	TM	12	24	48	99	150	>150



Fotografía 4.1.
Tipología del
transporte
público en
Bogotá.

Fuente:
Elaboración
propia. STT.

Adicionalmente, se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones, con el fin de llevar a cabo una toma de información adecuada y óptima:

- ♦ Uno de los logros de este estudio es la revisión de la operación del transporte público en un corredor determinado. Si se realiza con alguna periodicidad, permitiría detectar los vehículos que habitualmente realizan recorridos de manera no autorizada –ruta pirata–, que saturan el corredor o impiden el normal funcionamiento de los servicios de transporte autorizados. Este estudio puede complementarse con la realización de estudios de inventarios de rutas de transporte público.
- ♦ Cuando el estudio está orientado a determinar la ocupación vehicular de todo el transporte público colectivo en un corredor específico, es conveniente asignar cada uno de los tipos de vehículos que prestan este servicio a observadores diferentes, de manera tal que una sola persona se ocupe de registrar los buses, otro las busetas y otro los colectivos, entre otras asignaciones.
- ♦ Si se realiza la asignación comentada, el formato de campo puede complementarse con los rangos numéricos que establecen los distintos niveles de ocupación en cada tipo de vehículo.
- ♦ La definición del total de pasajeros movilizados puede realizarse con base en los valores promedio de los rangos definidos para cada nivel de ocupación.

4.1.1 Planeación

El estudio de frecuencias y ocupación visual vehicular no se realiza por muestra en el punto de control, sino por el registro de todos los vehículos que pasan durante el período de

máxima demanda por ese punto ubicado estratégicamente en la ruta.

Es difícil definir y generalizar la duración del período del estudio para las diferentes empresas o ciudades, ya que el comportamiento de la demanda es propio de cada una de ellas. Según recomendación de la Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU, 1988, M4-17), los estudios de intervalos de paso se deben hacer semestralmente y los de ocupación por inspección visual cuatro veces al año, siendo una vez en meses no típicos. Este estudio se debe efectuar en forma simultánea con los estudios de aforo en terminales (método de las registradoras) y los conteos no clasificados.

4.1.1.1 Logística

Es recomendable preparar un programa de trabajo para el entrenamiento y la calibración del grupo de aforadores. Para realizar esta actividad se debe hacer una prueba piloto, en rutas donde se puedan efectuar conteos precisos que permitan comparar estos valores con las estimaciones hechas por los aforadores. Para garantizar la precisión de los conteos se recomienda que un supervisor entrenado aborde una unidad en la ruta que se está aforando y contabilice exactamente el número de pasajeros en el punto de control. No deben presentarse diferencias significativas con los niveles de ocupación o datos registrados por el aforador. Si se presentan deberán tomarse los correctivos necesarios para garantizar la mejor estimación de la ocupación vehicular durante los aforos. Además, los aforadores deben aprenderse el número exacto de sillas y la capacidad nominal de las unidades de transporte público que prestan el servicio en la ruta bajo estudio.

Entrenamiento de aforadores

La determinación de la carga de pasajeros o nivel de ocupación de un bus que pasa

por un punto de control se puede hacer por conteo o por contraste visual.

El método de conteo sólo se puede realizar cuando el vehículo es de poca capacidad, la frecuencia de la ruta es baja, el conductor respeta los puntos de parada y hay un tiempo de parada suficiente para el aforo. Este método es difícil de aplicar en Bogotá debido a la gran intensidad de utilización del transporte público, al reducido tiempo de parada durante las operaciones de ascenso y descenso de pasajeros y a la idiosincrasia impredecible de los conductores de buses al realizar estas operaciones. En caso de aplicarse el método de conteo, se requiere un entrenamiento más exigente de los aforadores que ejecuten las observaciones.

Por las anteriores razones, es de uso corriente la utilización del método de inspección o contraste visual, el cual consiste en hacer una estimación del número de pasajeros transportados, comparando el nivel de ocupación que presenta el bus en el instante de paso por el punto de control, con un patrón típico previamente definido en función de la capacidad nominal del vehículo.

Ubicación, día y hora del estudio

Los estudios se deben realizar en los tramos de máxima demanda, definidos en los estudios de rotación de demanda o de ascenso y descenso de pasajeros, y en los tramos donde se integran varias rutas de transporte público. Se deben hacer los aforos en los períodos de máxima demanda y con una periodicidad definida, normalmente a intervalos regulares, anuales o temporales y durante los días representativos de las condiciones medias o normales.

Personal y equipo

El número de aforadores u observadores depende del volumen de buses que pasen por

el punto de aforo y de si existen movimientos en ambos sentidos. Un observador entrenado en debida forma puede realizar el conteo normalmente en un punto de control. Es conveniente que cada aforador tenga un reloj digital, tabla de apoyo o planillera, bolígrafo, carné o escarapela de identificación y formatos de campo suficientes para el período de aforo. Si en el punto de control hay gran volumen de transporte público o se presentan abordajes simultáneos, se necesitan dos o más aforadores. Cuando hay dos aforadores, el primero observa y dicta y el segundo registra la información en el formato de campo.

Formato de campo

En la figura 4.2 se presenta el modelo de formato de campo recomendado para la realización del estudio de frecuencia y ocupación visual, por el método de contraste visual.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación*
 - *Fecha (D/M/A).* Escribir el día, mes y año de realización del estudio, acompañado del día de la semana. Ejemplo: Viernes, 22 de mayo /05.
 - *Hoja: ___ de: ___.* En el primer espacio se anota la numeración secuencial de las hojas o formatos diligenciados. El segundo campo es el número total de hojas utilizadas y se llena una vez que se termine el período de aforo.
 - *Hora inicio.* Registrar la hora y minutos en formato militar (0-24h), del momento cuando se comienzan a hacer los aforos. Ejemplo: 8:00, para las ocho de la mañana; 17:30, para las 5:30 de la tarde
 - *Hora final.* Hora y minutos cuando se termina el período de aforos, igualmente en formato militar.
 - *Localización.* Corresponde a la dirección o sentido del viaje de los buses.

- ◆ *Cómo diligenciar el cuerpo del formato.* El cuerpo del formato de campo está dividido en dos grandes bloques, cada uno de nueve columnas, en cada bloque se re-

- *Hora de paso.* Se registra la hora de paso del vehículo de transporte público por el punto de aforo (en formato militar de 0-24 h).
- *Tipo de servicio.* De acuerdo con la clasificación que se encuentra en la parte inferior del formato.
- *Ruta.* Se anota el número o código de la ruta a que pertenece el vehículo, la cual se observa en la tabla de rutas que lleva el vehículo en la parte frontal del mismo.

Figura 4.2.

Fuente:
Elaboración
propia.

- **Nivel de ocupación.** Se debe registrar mediante una equis (X) el nivel observado (A, B, C, D, E o F), de acuerdo con las categorías, según el tipo de vehículo, definidas durante el entrenamiento de aforadores, cuya explicación se encuentra en la parte inferior del cuerpo del formato.

En el pie del formato se deben anotar las observaciones sobre los aspectos, incidentes o factores que puedan tener alguna injerencia en los resultados del estudio. En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista. Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

4.1.2 Ejecución

Inicialmente se debe hacer un trabajo de planeación que permita: a) tener una estimación de los flujos vehiculares en los puntos de control para definir el tamaño de la brigada de campo (aforadores, coordinadores y supervisor) requeridos para la toma de información; b) definir la ubicación o dirección exacta de los terminales de inicio y de finalización del recorrido y de los puntos de control o de aforo, los cuales se recomienda ubicar preferiblemente a mitad de cuadra y que no coincidan con la zona de paraderos; c) programar y realizar el entrenamiento de los aforadores para garantizar la confiabilidad en la recolección de la información sobre ocupación vehicular, familiarizarse con la designación de las rutas que pasan por el punto de control, asignarles las tareas, e indicarles las responsabilidades y compromisos; d) distribuir el material necesario para el estudio entre los aforadores y entregar las credenciales o carnets de identificación.

Los aforadores deben estar en el sitio de aforo con 15 a 30 minutos de anticipación a la

hora de inicio del aforo, con los elementos y equipos necesarios, para identificar bien el punto de control, registrar en el formato de campo toda la información de la sección de identificación del estudio que se está realizando y verificar la sincronización de los relojes con el supervisor. Los aforadores deben ubicarse en una posición estratégica que les permita tener la mayor visibilidad de los buses que se acercan y de su nivel de ocupación. Normalmente, los aforadores deben ubicarse en un lugar protegido del andén, separador o cobertizo, y al lado derecho del sentido de circulación del tránsito.

El aforador estará atento a comenzar el registro de las observaciones en la hora programada de inicio. Si se requiere, se puede asignar un tipo de vehículo específico a los aforadores. Al acercarse el vehículo asignado, se registra en los campos respectivos la información solicitada en el cuerpo del formato diseñado para el estudio, procurando hacer letra nítida y legible.

El aforador deberá anotar toda la información particular que pueda afectar el aforo realizado, como la presencia de vidrios polarizados, rutas informales y las condiciones atmosféricas predominantes.

Una vez finalizado el período de aforo programado, el aforador debe revisar que los formatos contengan toda la información solicitada, los firma y los entrega al coordinador del estudio, quien debe clasificarlos y archivarlos en sobres de papel manila debidamente rotulados para su fácil identificación, y entregarlos al supervisor para su posterior procesamiento y análisis.

4.1.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

4.1.3.1 Determinación de intervalos de paso y frecuencia de buses

En los formatos de campo se deben identificar dos registros consecutivos de la misma

ruta y se calcula el intervalo de paso mediante la diferencia de las horas de paso registradas, correspondientes a los dos buses consecutivos; el resultado se expresa normalmente en minutos entre vehículos. El intervalo medio de paso se obtiene promediando todos los valores obtenidos durante el período de aforo. El inverso del intervalo medio de paso representa la frecuencia media de servicio expresada en vehículos por hora o por un intervalo de tiempo definido. Las expresiones para el cálculo de intervalos y frecuencias son las siguientes:

$$I_i = H_f - H_i; \bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}; \bar{f} = \frac{60}{\bar{I}} \quad 4.1$$

Donde:

I_i : intervalo de paso entre dos buses consecutivos de una misma ruta (minutos).

$\bar{I}$: intervalo de paso promedio (minutos).

H_i : hora de paso de un bus de una ruta especificada.

H_f : hora de paso del bus inmediatamente siguiente, correspondiente a la misma ruta.

n : número de buses aforados durante el período de estudio.

$\bar{f}$: frecuencia media de servicio (vehículos/hora).

- ♦ *Estadísticas de ocupación vehicular.* La carga o el número de pasajeros registrado en cada punto de control se suman normalmente por períodos de 15 minutos durante las horas de máxima demanda y cada 30 minutos durante las horas valle. Los totales normalmente se calculan por ruta, pero de acuerdo con el objetivo del estudio se pueden calcular por corredor o por empresa. Los promedios que se pueden calcular como medidas

concretas son la demanda media de viaje y la demanda media horaria, obtenidos mediante las siguientes expresiones.

$$\overline{DV} = \frac{\sum_{i=1}^n VP_i}{n}, \quad \overline{DH} = \frac{\sum_{i=1}^n VP_i}{H} \quad 4.2$$

Donde:

$\overline{DV}$: demanda media de viajes o demanda promedio de transporte por viaje en el punto de aforo (pasajeros/viaje).

VP_i : volumen o número de pasajeros u ocupación media vehicular estimada en el viaje i .

n : número de viajes o buses observados en el período.

$\overline{DH}$: demanda media horaria o demanda promedio de transporte por hora (pasajeros/hora).

H : duración del período en estudio expresado en horas.

En la tabla 4.2 se muestra un modelo de presentación de resultados que permite conformar una base de datos, para procesar posteriormente la información de movilización de pasajeros. La base de datos debe llevar la sección de identificación del formato de campo, que indique el punto de aforo, la ruta, sentido, fecha y horas del período de aforo.

Cuando el aforo se hace por contraste o estimación visual, el cálculo de volumen de pasajeros movilizados se obtiene haciendo una tabla de frecuencia por nivel de ocupación vehicular. En la tabla 4.3 se muestra un modelo de tabla resumen que permite procesar manualmente la información de movilización de pasajeros correspondiente a un mismo tipo de vehículo. La tabla resumen debe llevar la sección de identificación del formato de campo, que indique el punto de aforo, la ruta, sentido, fecha y horas del período de aforo.



Tabla 4.2.
Presentación de la información recopilada en una base de datos.

Fuente:
Elaboración propia.

Fecha (D/M/A): / / Día ____ Hora: De ____ A ____			
Localización			
Ruta ____ Sentido ____ Tipo de vehículo ____			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)*(3)
NIVEL	OCUPACIÓN	FRECUENCIA	No. TOTAL
OCUPACIÓN	MEDIA	OCUPACIÓN	PASAJEROS
A			
B			
C			
E			
F			
TOTAL			

Tabla 4.3.
Resumen de pasajeros movilizados por periodos en una ruta, global o por empresa.

Fuente:
Elaboración propia.

En la columna (1) se anotan los niveles de ocupación vehicular definidos para el estudio.

En la columna (2) se escribe el número representativo de pasajeros por vehículo u ocupación media vehicular (PVi) correspondiente al nivel de ocupación de la columna (1). Normalmente se toma la marca de clase o punto medio del rango asumido para cada nivel de ocupación. Por ejemplo, si el nivel de ocupación “B” de un bus tiene un rango de 10 a 20 pasajeros, la ocupación media vehicular correspondiente a este rango es de $(10+20)/2 = 15$ pasajeros.

En la columna (3) se registra la frecuencia que corresponde al número de buses que pasaron durante el período de estudio con el nivel de ocupación dado.

En la columna (4) se calcula el total de pasajeros por nivel de ocupación, mediante la multiplicación de la ocupación media por la

frecuencia, es decir, que es el producto de las columnas dos y tres: $(2)*(3)$. El total de pasajeros movilizados en el período es la suma de la última columna de la tabla resumen.

Para visualizar las características de carga de pasajeros y simultáneamente, de todos los buses aforados de la ruta estudiada, y evaluar la eficiencia de la operación de la ruta, es conveniente transferir la información total de los aforos de varios días en una tabla resumen, totalizados por períodos de 15 a 30 minutos (tabla 4.4).

Todo cuadro resumen debe tener la información de identificación del punto de aforo, la ruta, sentido, empresa. En la parte tabular se anota la información numérica del conteo de pasajeros obtenida de los aforos. En la columna (1) se registra el número de identificación, número de orden o interno del bus. En la columna (2), la hora de paso observada de los buses consecutivos de la misma ruta. En

H_1 : hora de paso por el punto de control la primera vez que se observó el bus.

H_2 : hora de paso en la segunda observación del vehículo en el mismo sentido y en el mismo punto de control.

IR : índice de regularidad.

σ^2 : varianza de los intervalos de paso

$$\text{observados. } \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}{n - 1}$$

I_i : intervalo de tiempo entre viajes sucesivos (minutos).

n : número de viajes observados en el período.

$\bar{I}$: intervalo de paso promedio (minu-

$$\text{tos) } \bar{I} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}$$

4.2 ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS A BORDO DE UNIDADES DE TRANSPORTE

Este estudio de ascenso y descenso de pasajeros consiste básicamente en cuantificar el número de personas que suben y bajan de un vehículo de transporte público a lo largo de una ruta en un período de tiempo determinado, conocer la rotación de la demanda que se presenta a lo largo de una ruta de transporte público y las cargas de pasajeros en los diferentes tramos que la conforman, identificar los puntos de máxima demanda (ascensos y descensos) en el itinerario de la ruta, determinar los pasajeros movilizados por viaje de la ruta en estudio y, con complemento de datos de otros estudios, parámetros como el índice de pasajeros por kilómetro y los ingresos de la ruta.

Los estudios de ascenso y descenso de pasajeros proveen información sobre las características de la movilización para perio-

dos determinados y de sitios específicos del recorrido.

La información que se obtiene sobre las rutas de transporte público a partir de los estudios de ascenso y descenso permite determinar la rotación de la demanda en una ruta y complementa la estimación de la distribución de longitudes de viaje de los usuarios.

El estudio de ascenso y descenso de pasajeros es fundamental en la cuantificación de la demanda y en el diseño operacional de las rutas. De la información obtenida del estudio de ascenso y descenso de pasajeros se alimentan actividades como el diseño y la ubicación de paraderos y terminales, programación de despachos, definición de unidades tipo y ajustes al itinerario de las rutas, entre otras.

En la caracterización del servicio de transporte público existen otras variables como la determinación de la demanda insatisfecha y el origen y destino de los usuarios para los que puede aprovecharse el estudio de ascenso y descenso.

Para la determinación de la demanda insatisfecha, junto con el estudio de ascenso y descenso de pasajeros, se agrega al formato de campo una columna en la que los aforadores registran en cada paradero, si es el caso, el número de usuarios que deseaban ser transportados y que por falta de capacidad no pudieron ser atendidos. Los factores de generación de la demanda insatisfecha y algunos parámetros de la prestación del servicio se obtienen mediante encuesta directa a los usuarios a bordo de las unidades.

La matriz de origen y destino inmediata de los usuarios de transporte público se puede obtener mediante boletos que identifican el lugar de ascenso y descenso sobre la ruta. Con este método, además, se pueden obtener los datos normales del estudio de ascenso y descenso. Este método de toma de información, complementado con la encuesta a usuarios a bordo de

unidades, permite obtener buenas estimaciones de los deseos de viaje de los usuarios.

Es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la elaboración del estudio:

- ♦ Los resultados de este estudio dependen del tipo de vehículo que cubre un determinado recorrido o itinerario. Si existen varios tipos, es necesario evaluar cada uno de ellos por separado, para facilitar los efectos de cuantificar la demanda en el corredor.
- ♦ Una mayor eficiencia de la labor de campo radica en el conocimiento de los itinerarios y tiempos de recorrido de cada ruta que se va a estudiar, pues permite establecer una programación más aproximada del personal, el número de recorridos que pueden desarrollar dentro del período de estudio y, lo más importante, la definición de los paraderos y tramos a considerar en la zonificación del corredor analizado.
- ♦ Si en el desarrollo del ejercicio el vehículo que cubre la ruta estudiada no completa su recorrido, por fallas mecánicas o negligencia del conductor, o simplemente no se siguió el itinerario establecido oficialmente, los observadores deben consignar los sitios en los cuales se presentó la anomalía e informar al supervisor del estudio.

4.2.1 Planeación

En la selección de la muestra se recomienda tomar información para todas las rutas, con asignación aleatoria de corridas por conglomerado o muestreo aleatorio simple sobre el número total de viajes.

4.2.1.1 Logística

El estudio de ascenso y descenso de pasajeros en una ruta de transporte público se reali-

za para caracterizar la movilización de pasajeros en días típicos y en períodos pico y no pico.

Personal y equipo

En cada bus en que se haga el muestreo, se necesitan dos aforadores: uno para registrar los ascensos en la puerta delantera y otro para registrar los descensos en la puerta trasera. Si el vehículo es de una sola puerta, un solo aforador puede diligenciar el formato respectivo de ascenso y descenso de pasajeros.

El equipo de trabajo que se requiere para desarrollar el estudio consiste en formatos, planillera, lápices, borradores y reloj.

Formato de campo

El formato de campo para el estudio de ascenso y descenso de pasajeros aparece en la figura 4.3 y la forma de diligenciarlo se describe a continuación.

- ♦ *Cómo diligenciar la sección de identificación del formato*

En la primera parte aparece el encabezado con el título del formato, en el que se registran los datos sobre:

- *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
- *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
- *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
- *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
- *Ruta N°.* Corresponde al código de identificación de la ruta (caracterizado por indicar empresa, ruta, tipo de servicio).
- *Empresa.* Nombre de la empresa a la que está vinculada la ruta.

- *Hoja N° de.* Consecutivo de control de los formatos utilizados en cada viaje.
- *Hora de salida.* Escribir la hora, minutos y segundos en que el vehículo sale de la terminal de inicio.
- *Hora de llegada.* Escribir la hora en minutos y segundos en que el vehículo llega a la terminal final de la ruta.
- *Nombre de ruta.* Identificación de la ruta y se llena previamente.
- *Terminal de salida.* Nombre y dirección de la terminal de inicio del recorrido.
- *Tipo de vehículo.* Indicar si es un bus, buseta o microbús.
- *N° de asientos.* Escribir el número de asientos del vehículo.
- *Equipo N°.* Número que proporcionarán los supervisores y corresponde al código de control de las brigadas de trabajo del estudio.
- *Viaje N°.* Número que proporcionarán por los supervisores y corresponde al consecutivo de control de viajes estudiados o número de orden del viaje.
- *Puerta.* Indicar la puerta de ubicación del observador.
- *Cómo diligenciar el cuerpo del formato.*
- *N° de paradero.* Esta columna se llena antes del estudio y corresponde a la identificación de los paraderos de la ruta donde se registrarán los ascensos y descensos de pasajeros.
- *Ubicación del paradero - hito.* Esta columna se llena antes del estudio y corresponde a la ubicación (calle con número o carrera de referencia o hito) del paradero de referencia indicado en la columna “N° de paradero”.
- *Ascenso.* Escribir el número de pasajeros que suben por la puerta delan-

tera. Es muy importante que si ningún pasajero sube en el paradero referenciado en la columna de ubicación, se escriba *o* (cero). En el caso de menores de edad, sólo se contabilizan cuando pagan pasaje.

- *Descenso.* Escribir el número de pasajeros que bajan por la puerta delantera. Es muy importante que si ningún pasajero baja en un paradero referenciado en la columna de ubicación, se escriba *o* (cero).

Dado que en nuestro medio los paraderos no son fijos, no están localizados de manera ordenada ni son respetados, es preciso agrupar los diferentes sitios de parada registrados, asignando los datos recolectados en dichos puntos a la esquina final de la cuadra en donde se tomaron los datos. En este caso, se utilizará la columna “Total” para consignar el número de pasajeros registrados en las columnas “Ascenso” o “Descenso”.

En la parte inferior del formato se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista. Finalmente, se anotan los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

4.2.2 Ejecución

Se debe hacer un trabajo de planeación que permita a) definir el número de rutas que hay que aforar, b) revisar en el inventario de rutas los tiempos de recorrido de la ruta para la programación del personal; c) definir el personal necesario para el estudio, capacitarlo para la recolección de la información, asignarle las tareas, e indicarle las responsabilidades y compromisos. Se recomienda que al principio de la jornada se defina a cada aforador en qué horarios hará los recorridos y quién será la persona que lo acompañará.

Figura 4.3.
Formato de
campo para el
estudio de
ascenso y
descenso de
pasajeros.

[illegible]

Fuente:
*Elaboración
propia.*

En la capacitación y programación de los aforadores para el estudio se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: en el sistema de operación convencional de rutas en Colombia, los sitios de paraderos suelen no ser acatados y el ascenso o descenso de pasajeros se produce en cualquier lugar de la vía. En este caso, es necesario hacer una homologación de paraderos y la respectiva codificación de los mismos.

En las rutas que tienen buses, busetas y colectivos, se toman simultáneamente como si fueran rutas diferentes para los estudios.

Antes de comenzar el estudio se deben sincronizar los relojes de los aforadores con los del supervisor, para tener el control de los tiempos de recorrido.

El aforador debe presentarse con anticipación al terminal de origen de la ruta, con los elementos y equipos necesarios, para identificar el bus, abordarlo y ubicarse en una posición estratégica, cerca de las puertas del bus, de tal manera que le permita observar, contar y registrar los pasajeros que suben y bajan en todas las paradas del bus a lo largo de la ruta. Los formatos de campo deben prepararse previamente y con la información básica necesaria. Con el fin de no alterar el comportamiento habitual de los conductores, el aforador debe evitar que el conductor advierta su presencia.

Una vez iniciado el recorrido, el aforador debe estar atento a registrar en los formatos de campo el número y ubicación del paradero, los pasajeros que suben y los pasajeros que bajan. Como en muchos casos los ascensos y descensos de pasajeros no se producen en puntos preestablecidos, se deben acumular para un tramo homologado como un paradero. Se debe utilizar letra legible y poner las observaciones que considere pertinentes para la mejor utilización de la información recolectada, como por ejemplo cuando hay cambios o ajustes al itinerario por

desvíos temporales, derivados por efectos externos, lo que obliga a pasar por otros cruces de calles y puntos de referencia.

Para buses y busetas con dos puertas, se necesitan dos aforadores en cada vehículo: uno sentado cerca de la puerta delantera y otro cerca de la puerta trasera. El encuestador de la puerta delantera se llama AFORADOR 1 y el de la puerta trasera AFORADOR 2. Para el estudio de ascenso y descenso en colectivos y busetas con una sola puerta, se tendrá únicamente un solo aforador.

Una vez que llegue al terminal de destino verifica que el formato de campo esté completamente diligenciado, lo firma, lo archiva o lo entrega al supervisor. Luego se apresta para iniciar un nuevo recorrido, de acuerdo con la programación de actividades definida.

Después de ejecutar un viaje, los supervisores deben revisar que los formatos se hayan llenado correctamente; esto incluye encabezados y demás columnas. Cualquier incongruencia se debe corregir de inmediato.

4.2.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

Los productos principales que se obtienen del estudio de ascenso y descenso de pasajeros son los siguientes:

- ♦ *Volúmenes de pasajeros.* Para cada viaje aforado se obtiene el total de pasajeros movilizadores por sentido y para el ciclo completo de la ruta.
- ♦ *Polígono de carga.* Sobre las ordenadas se marca el total de ascensos y descensos del viaje, y sobre las abscisas los paraderos del itinerario; la gráfica resultante se conoce como polígono de carga. De este gráfico se pueden obtener datos como pasajeros totales, sección crítica de carga y paraderos con mayor movilización.

- ♦ **Ocupación crítica.** Este valor corresponde a la mayor diferencia entre los ascensos acumulados y los descensos acumulados del viaje para cada paradero.
- ♦ **Índice de rotación.** Se obtiene de la relación entre el total de pasajeros movilizados en el viaje y la ocupación crítica de la misma.
- ♦ **Índice de pasajeros por kilómetro (IPK).** Se obtiene de la relación entre el total de pasajeros movilizados en el viaje y la longitud de la ruta. Se expresa en pas./km.

La información para el período de estudio debe promediarse para vaciarse a un resumen como el presentado en la figura 4.4.

La mejor ilustración del estudio de ascenso y descenso de pasajeros corresponde al polígono de carga.

El estudio de ascenso y descenso de pasajeros permite obtener datos claves sobre la demanda. Los datos más importantes que se obtienen corresponden a volúmenes de pasajeros, polígonos de carga, ocupación crítica y promedio por unidad, índice de rotación e índice de pasajeros por kilómetro (IPK).

Con apoyo de información procesada para la ruta y referente a distancias entre paraderos, se pueden determinar otros parámetros, como pasajeros - km.

Adicionalmente se plantea una presentación de la información recopilada en una base de datos, lo cual le permitirá a la Secretaría de Tránsito y Transporte llevar un registro de los diferentes aforos realizados por los consultores. En la tabla 4.5 se muestra la forma como se debe diligenciar la base de datos.

4.3 ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO EN PARADEROS

El ascenso y descenso de pasajeros en un paradero permite establecer si la ubicación de los paraderos es la adecuada, así como también determinar si es necesario reducir o incrementar los recorridos.

4.3.1 Planeación

En la selección de la muestra se recomienda tomar información para el total de los paraderos de la ruta en evaluación y en los dos sentidos de circulación.

4.3.1.1 Logística

El estudio de ascenso y descenso de pasajeros en paraderos se realiza para caracterizar la demanda de pasajeros en días típicos y en períodos pico y no pico.

Tabla 4.5.
Presentación
de resultados
de ascenso y
descenso en
transporte
público.

FECHA	SENTIDO	VEHÍCULO	RUTA	EMPRESA	HORA INICIO	HORA FINAL	NÚMERO DE ASIENTOS
Incluir la fecha de realización de los aforos observados	Incluir el sentido de circulación evaluado	Incluir el tipo de vehículo	Identificación de la ruta	Nombre de la empresa	Hora inicio del viaje	Hora final del viaje	Número de asientos del vehículo
ABORDO	TRAMO	DE	A	ASCENSOS	DESCENSOS	HORA DE PASO	
Pasajeros al iniciar el viaje	Identificador del tramo	Punto inicial del tramo	Punto final del tramo	Pasajeros que suben al vehículo	Pasajeros que bajan del vehículo	Hora de paso por el punto de control	

Fuente:
Elaboración
propia.

Personal y equipo

En cada paradero donde se haga el muestreo, se necesitan dos aforadores: uno para registrar los ascensos en la puerta delantera y otro para registrar los descensos en la puerta trasera. Si el vehículo es de una sola puerta, un solo aforador puede diligenciar el formato respectivo de ascenso y descenso de pasajeros.

El equipo de trabajo que se requiere para desarrollar el estudio consiste en formatos, planillera, lápices, borradores y reloj.

Formato de campo

El formato de campo para el estudio de ascenso y descenso de pasajeros aparece en la figura 4.5 y la forma de diligenciarlo se describe a continuación.

♦ *Cómo diligenciar la sección de identificación del formato*

En la primera parte aparece el encabezado con el título del formato, en el que se registran los datos sobre:

- *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
- *Día.* Día de la semana, especificando si es festivo o día hábil.
- *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
- *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
- *Ruta N°.* Corresponde al código de identificación de la ruta (caracterizado por indicar empresa, ruta, tipo de servicio).
- *Empresa.* Nombre de la empresa a la que está vinculada la ruta.
- *Hoja N° de.* Consecutivo de control de los formatos utilizados en cada viaje.

- *Puerta.* Indicar la puerta que tiene a cargo el observador.
- *Cómo diligenciar el cuerpo del formato.*
- *Hora.* Corresponde al momento en que llega el vehículo al paradero.
- *Tipo de vehículo.* Incluir el tipo de vehículo observado.
- *Pasajeros a bordo.* En esta columna se anota el número de personas que van a bordo del vehículo en cada paradero evaluado.
- *Ascenso.* Escribir el número de pasajeros que suben por la puerta delantera. Es muy importante que si ningún pasajero sube en el paradero referenciado en la columna de ubicación, se escriba 0 (cero). En el caso de menores de edad, sólo se contabilizan cuando pagan pasaje.
- *Descenso.* Escribir el número de pasajeros que bajan por la puerta delantera. Es muy importante que si ningún pasajero baja en un paradero referenciado en la columna de ubicación, se escriba 0 (cero).
- *Pasajeros que no suben.* Aquí se anota el número de personas que no lograron subir al vehículo, por falta de capacidad disponible.

En la parte inferior del formato se registran el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista. Finalmente, se anotan los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

4.3.2 Ejecución

Se debe hacer un trabajo de planeación que permita: a) definir el número de paraderos de la ruta a evaluar; b) revisar en el inventario de rutas que llega a cada paradero para la programación del personal; c) definir el per-

sonal necesario para el estudio, capacitarlo para la recolección de la información, asignarle las tareas, e indicarles las responsabilidades y compromisos. Se recomienda que al principio de la jornada se defina a cada aforador en qué horarios hará el ejercicio de ascenso y descenso.

En la capacitación y programación de los aforadores para el estudio se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: en el sistema de operación convencional de rutas en Colombia, los sitios de paraderos suelen no ser acatados y el ascenso o descenso de pasajeros se produce en cualquier lugar de la vía. En este caso, es necesario hacer una homologación de paraderos y la respectiva codificación de los mismos.

En las rutas que tienen buses, busetas y colectivos, se toman simultáneamente como si fueran rutas diferentes para los estudios.

Antes de comenzar el estudio se deben sincronizar los relojes de los aforadores con los del supervisor, para tener el control de los tiempos de recorrido.

El aforador debe presentarse con anticipación al paradero asignado, con los elementos y equipos necesarios, para identificar el paradero y ubicarse en una posición estratégica, cerca de las puertas del bus, de tal manera que le permita observar, contar y registrar los pasajeros que suben y bajan o se quedan. Los formatos de campo deben prepararse previamente y con la información básica necesaria. Con el fin de no alterar el comportamiento habitual de los conductores, el aforador debe evitar que los usuarios y el conductor adviertan su presencia.

Una vez iniciado el ejercicio, el personal debe estar atento a registrar en los formatos de campo el número y ubicación del paradero, los pasajeros que suben y los pasajeros que bajan y los que no suben para efectos de cálculos posteriores. Se debe utilizar letra legible y anotar las observaciones que considere pertinentes para la mejor utilización de la información recolectada.

4.3.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

Los productos principales que se obtienen del estudio de ascenso y descenso de pasajeros son los siguientes:

- *Volúmenes de pasajeros.* En cada paradero aforado se obtiene el total de pasajeros que suben, bajan o se quedan en el paradero por sentido.
- *Polígono de carga.* Sobre las ordenadas se marca el total de ascensos y descensos del paradero y sobre las abscisas, los paraderos de la ruta evaluada; la gráfica resultante se conoce como polígono de carga. De este gráfico se pueden obtener datos como pasajeros totales, sección crítica de carga y paraderos con mayor movilización.
- *Ocupación crítica.* Este valor corresponde a la mayor diferencia entre los ascensos y los descensos durante el período evaluado para cada paradero.
- *Índice de rotación.* Se obtiene de la relación entre el total de pasajeros movilizados en el paradero y la ocupación crítica de la misma.

Adicionalmente, se plantea una presentación de la información recopilada en una base de datos, lo cual permitirá a la Secretaría de Tránsito y Transporte llevar un registro de los aforos realizados por los consultores. En la tabla 4.6 se muestra la forma como se debe diligenciar la base de datos.

4.4 ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO DE PASAJEROS POR EL MÉTODO DE LOS BOLETOS

El estudio de origen y destino a bordo de vehículos puede realizarse utilizando boletos que sirven para caracterizar el lugar de ascen-



Tabla 4.6.
Presentación
de resultados
de ascenso y
descenso en
paraderos.

Fuente:
Elaboración
propia.

so y descenso de los pasajeros, permitiendo obtener, además de los parámetros básicos de movilización de pasajeros, una matriz de viajes O-D inmediata de la ruta. Adicionalmente permite obtener la matriz origen - destino de los viajes que se realizan a través de una ruta de transporte público, así como las distancias medias de recorrido por viaje en la ruta. Esta información complementa los resultados del estudio de encuestas a usuarios donde se investigan el origen y destino, así como también las distancias medias de acceso al servicio de transporte público.

Al realizar el estudio se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Si se va a desarrollar el estudio de origen y destino de pasajeros por el sistema de boletos, es indispensable desarrollar campañas publicitarias, con el fin de obtener una adecuada respuesta y colaboración por parte de los usuarios y conductores de transporte público.
- Es importante que los observadores conozcan la mecánica del ejercicio en campo, pues cualquier error u olvido en el momento de registrar los sitios de ascen-

so y descenso podría significar el fracaso de la toma de información en campo, implicando reprogramaciones y sobrecostos del estudio.

4.4.1 Planeación

El estudio se efectúa a través de todo el recorrido de la ruta, entre terminales, en un día típico de la semana y en los períodos pico y no pico.

4.4.1.1 Logística

Personal y equipo

Para este estudio se deben realizar actividades previas de organización de material relacionado con la información de las rutas y los boletos. En términos generales, se debe contar con los siguientes elementos:

- Mapa de la ciudad, con la respectiva zonificación que se haya definido en la etapa de planeación del transporte.
- Mapa de la ruta a estudiar, de acuerdo con la zonificación de planeación del transporte, indicando los paraderos o tramos (equivalente a paraderos homologados).

- ♦ Talonario de boletos enumerados consecutivamente y en bloques de cien unidades para entregar a todos los pasajeros que suben al vehículo.
- ♦ Sobres para guardar los boletos que entregan los pasajeros al bajar del vehículo.

atender los ascensos y otro para los descensos. Las funciones de los encuestadores son:

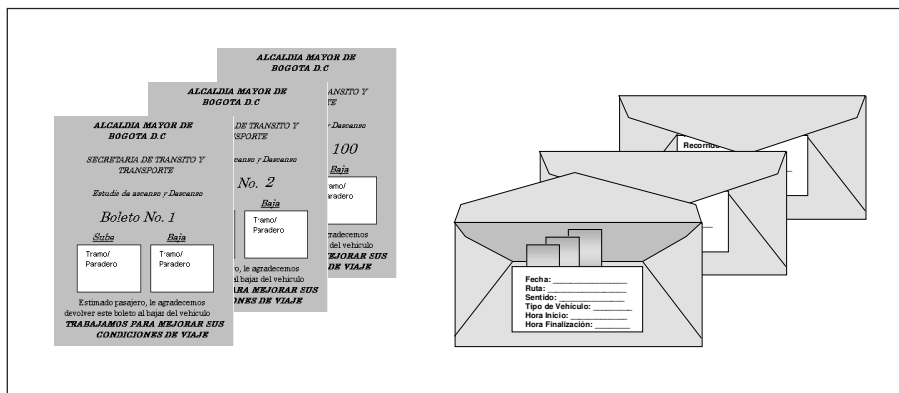
Identificar el número del tramo o paradero respectivo, anotando este dato en la casilla “Sube” de cada uno de los boletos, los cuales se entregan a los pasajeros que abordan el vehículo en ese sitio o tramo específico. Si el volumen de pasajeros que sube es alto, se registra el dato del tramo o paradero en el primer y el último boleto entregado, siempre en orden consecutivo, con el propósito de completar su diligenciamiento en oficina.

Recibir los boletos a los pasajeros que bajan: anotar en los boletos, en la casilla “Baja”, el número del tramo (o paradero) correspondiente al descenso, guardándolos en un sobre que está identificado con el nombre de la ruta, el tipo de vehículo, el sentido de recorrido, la fecha y la hora en que se comenzó el estudio. Al finalizar el recorrido se anota la hora de llegada al terminal.

Además de las observaciones realizadas en el estudio de ascenso y descenso de pasajeros para la preparación y ejecución, en el estudio de origen y destino con boletos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

En este estudio se debe contar, necesariamente, con dos encuestadores: uno para

Fuente:
Elaboración
propia.



Si el número de pasajeros que bajan del vehículo es alto, se podrá anotar el número del tramo - paradero en el primer y el último boleto, caso en el cual es de gran importancia el orden en que se reciben y guardan los boletos, el cual no se debe alterar, pues de esto depende su correcto procesamiento en oficina. Se sugiere emplear bandas de caucho para agrupar en forma ordenada los boletos.

4.4.3 Procesamiento y generación de resultados

Para obtener la matriz de origen - destino, se debe completar la información en la oficina referente al número de tramo o paradero donde no fue posible anotarlo. El procedimiento es el siguiente:

- ♦ Se extraen de los sobres los boletos recogidos a los pasajeros que descendieron del vehículo, teniendo mucho cuidado de no alterar el orden en que se archivaron.
- ♦ Como no todos los boletos contienen el dato de la casilla “Baja”, su diligenciamiento se completa colocando el mismo dato que contienen los boletos inicial y final de cada uno de los grupos sin diligenciar.
- ♦ Una vez completo el dato del descenso en todos los boletos, éstos se organizan de acuerdo con el número consecutivo que los identifica, para definir los grupos a los que les hace falta el dato en la casilla “Sube”. Este dato faltante es el mismo que aparece en los boletos que delimitan cada uno de los grupos que no presentan el dato del sitio de ascenso. El número de la zona asociada a cada paradero o tramo se coloca teniendo en cuenta el plano de zonificación dentro de los cuadros del procesamiento de la información, los cuales se generarán de acuerdo con los objetivos del estudio efectuado.
- ♦ Con la información totalmente consignada en todos los boletos entregados a los pasajeros de la ruta en estudio, esta pareja de datos conforma los diferentes orígenes y destinos de la matriz O-D que caracteriza la movilización de pasajeros en el corredor analizado, ya sea entre paraderos o en zonas.

Mediante la realización del estudio de origen y destino de pasajeros por el método de boletos, se pueden obtener los siguientes resultados:

- ♦ *Pasajeros movilizados por sentido en cada viaje.* Se obtiene de la diferencia entre el número del boleto registrado en el último paradero y el número de inicio del talonario del recorrido.
- ♦ *Pasajeros que suben y bajan en cada paradero o tramo del itinerario.* Los pasajeros que suben se obtienen restando el número del talonario anotado entre paraderos sucesivos del itinerario. Los pasajeros que bajan se obtienen contabilizando los boletos recibidos en cada sobre correspondiente al paradero o tramo homologado.
- ♦ *Matriz de origen y destino inmediata.* Dando seguimiento a cada boleto, es decir, determinando el lugar de entrega al pasajero y el lugar en que fue recibido, se obtiene la matriz de origen y destino inmediata a la ruta de todos los pasajeros de un viaje. Para la expansión de la matriz se utilizan los datos del estudio en terminales y cierres de circuito o del estudio de frecuencia de paso y ocupación de buses. La matriz de origen y destino inmediata obtenida mediante boletos debe complementarse con los datos de las encuestas a usuarios. Esta matriz se puede obtener entre paraderos y entre las zonas

definidas en la etapa de planeación de transporte.

- ♦ *Distancia promedio de recorrido de los viajes.* Se obtiene promediando en forma ponderada, la distancia entre los orígenes y destinos considerados.
- ♦ *Tiempo de recorrido.* Se obtiene de la diferencia entre la hora de inicio y la hora de finalización del viaje del vehículo.

4.5 ENCUESTAS A USUARIOS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS

Los usuarios son el principal elemento del sistema de transporte público. Éstos utilizan el servicio para suplir las necesidades de desplazamiento y no tienen mayores preocupaciones con la operación.

Las necesidades de desplazamiento de los usuarios de transporte público son identificadas a partir de las encuestas de origen y destino a bordo de las unidades, o en puntos de alta afluencia de pasajeros. Así mismo, se debe tener en cuenta que en la utilización del transporte público los usuarios ponderan una serie de atributos (regularidad, tiempo de viaje, comodidad, costo) para tomar la decisión de cuándo, dónde y cómo usar el servicio de transporte. Para cuantificar los atributos de decisión sobre el viaje de los usuarios en transporte público, se realizan las encuestas de opinión (y de preferencia manifiesta en casos de calibración de modelos de partición modal).

En este *Manual* se presenta el estudio de encuesta de origen y destino y la encuesta de opinión a usuarios de transporte público. Cabe destacar la correlación necesaria entre las encuestas de origen y destino a bordo de unidades o en puntos específicos, y las encuestas de origen y destino presentadas en el módulo de estudios de ingeniería de tránsito (a hogares o en cordón). Así mismo, conviene revisar el mé-

todo de ascenso y descenso y su combinación con boletos (ver numeral de estudios de ascenso y descenso) para determinar las matrices de origen y destino de viajes de transporte público. La obtención de tales matrices es una actividad que requiere mucho cuidado, dada su importancia en la planeación y gestión del sistema.

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones antes de comenzar cualquier toma de información:

- ♦ Los formatos propuestos en este *Manual* están enfocados a la determinación, de manera general, de las características básicas de los viajes. Si se desean analizar problemas específicos, se pueden adaptar las preguntas y análisis que se van a desarrollar.
- ♦ Por tratarse de una labor que implica relación directa con las personas, se recomienda prestar mayor atención al entrenamiento de los aforadores en el trato con el encuestado, quien generalmente está en desacuerdo no sólo con el servicio que recibe sino también con todo tipo de encuesta.
- ♦ Entre los resultados de este estudio se encuentran la determinación del itinerario y el horario de servicio de las rutas de mayor demanda en una zona específica. Estos resultados pueden complementarse con los logrados a partir del estudio de verificación de itinerario realizado en las empresas operadoras del servicio de transporte público. Igualmente, se obtienen los parámetros que definen las condiciones de la demanda insatisfecha de pasajeros.

4.5.1 Planeación

El tamaño de la muestra para encuestas a usuarios de transporte público se define en función de la demanda de usuarios de la ruta.

Con los resultados de otros estudios del sistema de transporte público se puede estimar el volumen de pasajeros que moviliza la ruta. Con la información de demanda de la ruta se puede definir el tamaño de la muestra, que cumple parámetros de confiabilidad y variabilidad.

4.5.1.1 Formatos de campo

Formato para encuesta de origen y destino

El formato de campo para la encuesta de origen y destino a usuarios de transporte público aparece en la figura 4.7. Se caracteriza porque permite investigar las características de la cadena de medios utilizados en un viaje de los usuarios. La explicación sobre su diligenciamiento aparece a continuación.

- ♦ *Cómo diligenciar la sección de identificación del formato tipo 1*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Ruta.* Identificación de la ruta. Se llena previamente.
 - *Empresa.* Corresponde al nombre de la empresa a que pertenece la ruta. Se llena previamente.
 - *Hoja N° ___ de ___.* Número consecutivo de encuestas realizadas durante el viaje.
 - *Hora inicio.* Escribir la hora, minutos y segundos en que el vehículo sale de la terminal de inicio.
 - *Hora final.* Escribir la hora, minutos y segundos en que el vehículo llega a la terminal final de la ruta.
- *Localización.* Indicar el sitio en el que se realizan las encuestas (periferia - centro o centro - periferia).
- ♦ *Cómo diligenciar el cuerpo del formato*
- ♦ *¿Dónde abordó este bus?* Se debe pedir al encuestado que indique el nombre de la calle en que abordó el bus y la calle de cruce más cercana (ubicación del paradero). Esta información de la esquina más cercana donde abordó el bus se complementa con la indicación del barrio respectivo. Si el encuestado viene de un lugar fuera del área de estudio, es importante indicar la ciudad.
- ♦ *¿Cómo llegó hasta donde abordó este bus?* Se debe indicar el número de cuadras que el usuario caminó para llegar al paradero. En caso de que el usuario tenga como referencia de caminata la distancia en metros o duración en minutos, se debe hacer la aclaración respectiva junto al campo de respuesta. Si el usuario llegó hasta el paradero en un vehículo, se debe marcar con una "X" el tipo correspondiente (ruta de bus, taxi, etc.). En el caso de ruta de bus hay que indicar el número y la empresa correspondiente (información necesaria para identificación de transbordos).
- ♦ *Antes de iniciar este viaje se encontraba en...* Se debe marcar con una "X" el campo correspondiente. Sólo se debe marcar una sola casilla.
- ♦ *Por favor, indique la dirección donde se originó este viaje.* Corresponde a la ubicación de la calle de donde inició el viaje y la calle de cruce más cercana, así como el barrio correspondiente y ciudad, si viene de fuera del área de estudio.
- ♦ *¿A dónde se dirige ahora?* Marcar con una "X" una casilla que identifique el lugar a donde se dirige el usuario.
- ♦ *Por favor, indique la dirección de su destino.* Escribir la calle del destino y la calle

Figura 4.7.
Formato de
campo para
encuesta de
origen y
destino a
usuarios de
transporte
público, a
bordo del
vehículo.

ENCUESTA A USUARIOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO A BORDO DE LOS VEHÍCULOS					
Fecha: (D.M.A.)		Hora Inicio:		Localización:	
Día:		Hora Final:		Hoja:	
Ruta:		Empresa:		Sentido del recorrido:	
1. ¿Dónde abordó este Bus? (Por favor escribir en letra imprenta) Nombre de la Vía 1 (Ej. Av. 22) _____ por Nombre de la Vía 2 (Ej. Clil. 40) ¹ _____ Barrio _____ Ciudad (Si viene fuera de Bogotá) _____ 7. ¿Dónde se bajará de este Bus? (Por favor escribir en letra imprenta) Nombre de la Vía 1 (Ej. Av. 22) _____ por Nombre de la Vía 2 (Ej. Clil. 40) ¹ _____ Barrio _____ Ciudad (Si viene fuera de Bogotá) _____					
2. ¿Cómo llegó hasta donde abordó este Bus? (Marque todo lo correspondiente) Caminé: _____ cuadras En un vehículo: ☐ Ruta de bus N° _____ de la empresa _____ ☐ Taxi ☐ Servicio particular (Ruta de colegio o empresa) ☐ Estacioné mi auto ☐ Me dejaron al pasar 8. Cuando se baje de este Bus, ¿cómo llegará a su destino? (Marque todo lo correspondiente, excluya motos y bicicletas) Caminaré: _____ cuadras En un vehículo: ☐ Ruta de bus N° _____ de la empresa _____ ☐ Taxi ☐ Servicio particular (Ruta de colegio o empresa) ☐ Mi auto está estacionado ☐ Pasarán a recogerme					
3. Antes de realizar este viaje se encontraba en: (Marque una) ☐ Casa ☐ Trabajo ☐ Médico ☐ Escuela ☐ Compras ☐ Negocios personales ☐ Actividad social o recreativa 9. Por favor hablemos de Usted. ☐ Hombre ☐ Mujer Mi edad es de: _____ años Incluyéndose a sí mismo, ¿cuántas personas viven en su hogar? _____ ¿Cuántos vehículos que funcionen hay en su hogar? _____ ¿Es usted residente en Bogotá? ☐ SI ☐ NO					
4. Por favor indique la dirección donde originó este viaje (Por favor escribir en letra imprenta) Nombre de la Vía 1 (Ej. Av. 22) _____ por Nombre de la Vía 2 (Ej. Clil. 40) ¹ _____ Barrio _____ Ciudad (Si viene fuera de Bogotá) _____					
5. ¿A dónde se dirige ahora? (Marque una) ☐ Casa ☐ Trabajo ☐ Médico ☐ Escuela ☐ Compras ☐ Negocios personales ☐ Actividad social o recreativa					
6. Por favor indique la dirección de su destino (Por favor escribir en letra imprenta) Nombre de la Vía 1 (Ej. Av. 22) _____ por Nombre de la Vía 2 (Ej. Clil. 40) ¹ _____ Barrio _____ Ciudad (Si viene fuera de Bogotá) _____					
Comentarios (indique sus observaciones sobre el transporte público de la ciudad) _____ _____ _____ _____ _____					
Observaciones: _____					
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE		NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:	_____	NOMBRE:	_____	LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:	_____	FIRMA:	_____		
CARGO:	_____	CARGO:	_____		
FECHA:	_____	FECHA:	_____		
ELABORÓ		REVISÓ			

Fuente:
Elaboración
propia.

de cruce más cercana, así como el barrio respectivo.

- ♦ **¿Dónde se bajará de este bus?** Escribir la calle y calle de cruce más cercana de ubicación del paradero en el que se bajará del bus. La información se complementa con el nombre del barrio y de la ciudad.

- ♦ **Cuando se baje de este bus, ¿cómo llegará a su destino?** Solicitar al encuestado la descripción de la forma como llegará a su destino desde el paradero en el que se baja del bus. Indicar la caminata en número de cuadras, y si es un vehículo, marcar una de las alternativas. En caso de

ruta de bus, se debe completar la información con el número de la ruta y la empresa a la que pertenece.

- ♦ *Por favor, háblenos de usted.* Marcar la casilla correspondiente al género del encuestado y preguntarle la edad en años cumplidos. Consultar sobre el número de personas de su hogar, número de vehículos que funcionen (especificar que se excluyen motos y bicicletas) y si es o no residente del área de estudio. Si tiene comentarios sobre el transporte público, anotarlos en el espacio respectivo.

En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista. Finalmente, se anotan los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

Formato para encuesta de opinión y demanda insatisfecha

El sistema de transporte público cumple con las funciones básicas de captación y distribución de la demanda. Las autoridades tienen la función de definir, fiscalizar y verificar las condiciones del servicio de acuerdo con las necesidades reales de la población, las cuales deben cumplir los operadores del servicio.

Por diferentes causas, las condiciones mínimas del servicio requerido no suelen cumplirse, especialmente en los períodos pico. Un parámetro importante en la evaluación de la eficiencia de la prestación del servicio de transporte público es la determinación de la demanda insatisfecha.

El formato de campo para la encuesta de opinión y demanda insatisfecha se presenta en la figura 4.8, la cual se realiza en los paraderos o sitios de mayor concentración de pasajeros.

♦ *Cómo diligenciar la sección de identificación del formato*

- *Fecha.* Escribir el día, mes y año de realización del estudio.
- *Localización.* Anotar la dirección del lugar de encuestas. Se llena previamente.
- *Hoja N^o. __ de __.* Número consecutivo de encuestas realizadas durante el viaje.
- *Hora inicio.* Escribir la hora y minutos del periodo de encuestas.
- *Hora final.* Escribir la hora y minutos del periodo de encuestas.

♦ *Cómo diligenciar el formato*

- Se marca con una "X" la respuesta del encuestado. Sólo se debe marcar una sola celda en cada una de las preguntas. Las preguntas que están orientadas específicamente a conocer la demanda insatisfecha son las siguientes:
- *¿Cuántas rutas tiene disponibles a su destino?* El encuestador anotará el número de rutas que efectivamente le sirven al usuario, de acuerdo con los rangos del formato
- *¿Cuáles son estas rutas?* Se deben registrar los nombres o códigos de las rutas que le sirven al usuario para desplazarse al sitio deseado de destino.
- *¿Cuánto tiempo de espera tiene en el paradero?* Es el tiempo medio en minutos que por lo general espera el usuario entrevistado, antes de ser atendido por una unidad de transporte público.
- *¿Cuántas veces a la semana realiza este viaje?* Es el número promedio de veces que el usuario hace el viaje durante una semana normal.
- *¿Cuántos vehículos NO lo han atendido?* Anotar el número de vehículos de transporte público que ya han pa-

Figura 4.8.
Formato de
campo para
encuesta de
opinión a
usuarios de
transporte
público,
realizada en
sitios de
paradero.

ENCUESTA DE OPINION Y DEMANDA INSATIFECHA A USUARIOS DEL TRANSPORTE PUBLICO EN PARADEROS					
Fecha: (D.M.A.)		Hora Inicio:		Localización:	
Dia:		Hora Final:		Hoja: De:	
1. Edad del encuestado Años. 2. Sexo del encuestado: <input style="width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;" type="checkbox"/> M <input style="width: 20px; height: 20px; margin-left: 10px; margin-right: 5px;" type="checkbox"/> F 3. En las rutas que utiliza, el servicio: ☐ SI ☐ NO ☐ SI ☐ NO Es constante durante todo el día y con unidades suficientes Inicia tarde 4. Cuántas rutas tiene disponibles a su destino?: Menos de dos Entre dos y cuatro Entre cuatro y seis Más de seis (____) 5. Cuáles son estas rutas?:					

6. De los viajes en transporte público, que normalmente realiza encuentra que:

☐ SI ☐ NO

☐ SI ☐ NO

☐ SI ☐ NO

Espera en el paradero demasiado tiempo

No hay rutas directas entre su origen y destino

Tiene que dar muchas vueltas para llegar a su destino

7. Cuánto tiempo de espera lleva en el paradero?

Minutos

8. Cuántas veces a la semana realiza este viaje?

9. Para abordar en transporte público:

☐ SI ☐ NO

☐ SI ☐ NO

Tiene rutas y paraderos cercanos a su lugar de origen y destino

Tiene que esperar a que pase más de una unidad porque la anterior paso llena.

10. En las rutas que utiliza:

☐ SI ☐ NO

☐ SI ☐ NO

☐ SI ☐ NO

Los vehículos están en malas condiciones (ruidosos, echan humo, mala ventilación)

Suben demasiados pasajeros a los vehículos

Los vehículos son confortables y adecuados

11. Cuántos vehículos NO lo han atendido?

12. Por que causa no lo han atendido?

☐ No para

☐ Trae sobrecupo

☐ Costo del pasaje

☐ Estado del vehículo

13. Considera Usted que:

☐ SI ☐ NO

☐ SI ☐ NO

El servicio ofrecido vale el precio cobrado

Pagaría tarifas mayores para mejorar el servicio

14. La tarifa es muy alta respecto al servicio ofrecido?

☐ SI
 ☐ NO

Observaciones:

LOGO CONTRATANTE

NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE

NOMBRE DEL ESTUDIO

NOMBRE:

FIRMA:

CARGO:

FECHA:

NOMBRE:

FIRMA:

CARGO:

FECHA:

LOGO DEL CONTRATISTA

NOMBRE DEL CONTRATISTA

ELABORÓ

REVISÓ

Fuente:
Elaboración
propia.

sado durante el tiempo que lleva esperando y que no lo recogieron por diferentes causas.

- *¿Por qué causa?* Se debe colocar una equis (x) en la casilla correspondiente a la causa o motivo por el cual no fue recogido o no quiso abordar una unidad de transporte público, que le servía para ir a su destino.
- *“No para”*. Cuando el vehículo no se detiene aunque se haya levantado la mano para solicitar el servicio.
- *“Trae sobrecupo”*. Cuando el autobús va con pasajeros colgando por fuera de la registradora.
- *“Costo del pasaje”*. Cuando la tarifa de transporte del autobús está por encima de las posibilidades de pago del usuario.
- *“Estado del vehículo”*. Cuando el nivel de servicio o apariencia general del vehículo es lamentable.

En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista. Finalmente se anotan los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

4.5.2 Ejecución

Se debe hacer un trabajo de planeación del estudio que permita: a) definir el número de encuestas a realizar, considerando un margen por encuestas desechadas o incompletas; b) conocer el tiempo promedio de viaje de la ruta para estimar el personal; c) conocer la programación de la operación de la ruta; d) capacitar al personal y asignarle las tareas, responsabilidades y compromisos.

Para la capacitación de los encuestadores se recomienda una prueba piloto en la que se familiaricen con las preguntas y permita des-

pejar inquietudes ante cuestionamientos de los usuarios. Para nuestro medio, no se considera factible que sean los usuarios quienes diligencien solos la encuesta, como se hace en otros países donde las personas tienen además la opción de devolver las encuestas por correo, normalmente gracias a incentivos como la participación en sorteos de premios.

El personal encargado de hacer la encuesta a bordo de los vehículos debe presentarse con anticipación al terminal de la ruta, con los elementos y equipos necesarios, para identificar el bus asignado, abordarlo y prepararse para realizar las encuestas a los usuarios. En caso de viajes demasiado llenos, conviene ubicarse en un lugar estratégico dentro del vehículo y desde allí hacer las encuestas. Igualmente, el personal que se encarga de la encuesta en paraderos debe presentarse con anticipación en el lugar asignado. El encuestador debe elegir aleatoriamente las personas que va a encuestar. Si un usuario no desea responder, se debe seleccionar aleatoriamente otro. Los formatos de campo deben estar previamente preparados y con la información básica necesaria.

El encuestador debe estar preparado con suficientes formatos de encuestas e iniciar su llenado con letra bien legible y cuidando de completar todas las preguntas del cuestionario.

Una vez que termine el viaje o el período de estudio, el encuestador verifica que los formatos de campo estén completamente diligenciados, los firma y entrega al supervisor.

Los supervisores deben revisar que los formatos se hayan llenado correctamente, esto incluye encabezados y demás campos. Cualquier incongruencia u omisión de información se debe aclarar inmediatamente con ayuda del encuestador.

Respecto a la demanda insatisfecha del transporte público se deben conocer, mediante encuesta a los usuarios, sus principales causas.

4.5.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

En el procesamiento de la información obtenida en las encuestas a usuarios de transporte público se distinguen los siguientes pasos:

4.5.3.1 Codificación, captura y validación

La codificación consiste en anotar, en el formato de encuesta, el número correspondiente a la zona de origen y a la zona de destino, conforme a la zonificación realizada para el área de estudio y compatible con los propósitos del estudio (planeación estratégica, estudios de zonas o estudios de operación del sistema).

La codificación de los sitios de ascenso y descenso debe ser compatible con la caracterización de la red total del sistema para los paraderos o tramos.

Para procesar las encuestas de origen y destino se debe usar un programa de captura que permita introducir la información codificada y que haga pruebas de consistencia para minimizar los errores (rango de zonas, rango de paraderos).

4.5.3.2 Expansión

Para obtener la información del universo de los usuarios que utilizan el sistema de transporte en estudio se debe realizar un proceso de expansión de la muestra mediante factores. Los factores de expansión deben tomar en cuenta, según Molinero (1996, 351): las frecuencias de paso observadas, la expansión por hora del día, la expansión por motivo de viaje, la no respuesta y los períodos de expansión.

Los factores de expansión de la muestra se derivan de otros estudios del sistema de transporte público, tales como estudios de frecuencia de paso y ocupación, ascenso y descenso, terminales y cierres de circuito.

4.5.3.3 Generación de resultados

Los principales resultados obtenidos de las encuestas a usuarios de transporte público corresponden a:

- ♦ *Matrices de origen y destino.* Información relativa a los desplazamientos de los usuarios, con sus posibles desagregaciones por hora, total diaria, por motivo de viaje, por sentido y en ruta, empresa o sistema. La presentación de las matrices de origen y destino se hace en forma tabular o gráficamente, con apoyo de los sistemas de información geográfica.
- ♦ *Índices de operación del sistema.* Los parámetros básicos que se pueden obtener en cuanto a la operación del sistema corresponden a distancias medias de caminata a los paraderos, afluencia de usuarios a los paraderos del sistema, tiempos medios de espera en paraderos y número de transbordos.
- ♦ *Características socioeconómicas de los usuarios.* Composición por sexo y edad de los usuarios encuestados, personas por hogar, disponibilidad de autos en el hogar, ocupación, nivel de ingresos, nivel de estudios, disponibilidad de vivienda, frecuencia de viajes y gastos medios en transporte, entre otros.
- ♦ *Características del nivel de servicio.* Con la encuesta de opinión se pueden cuantificar variables sobre el nivel de servicio ofrecido en cuanto a cobertura temporal (horarios de servicio, frecuencias de paso), tiempo de viaje, confort, seguridad y costo.

Los resultados de las encuestas a usuarios de transporte público son de gran importancia en las actividades de planeación y operación del sistema. De la consistencia y validez de la información derivada de este estudio dependen las acciones que puedan generarse.

Entre las actividades que se realizan a partir de los resultados de las encuestas a usuarios de transporte público están:

- ♦ *Generación de viajes por zona e identificación de principales polos generadores.* Datos que se pueden compaginar con la información socioeconómica (número de viviendas, población, nivel de ingresos, estratos) de las zonas del área de estudio.
- ♦ *Líneas de deseo de viajes de los usuarios de transporte público.* Obtenida a partir de la representación de las matrices de viajes. Con esta información se puede complementar la identificación de principales corredores de transporte público.
- ♦ *Características del nivel de servicio.* Comparando los resultados obtenidos en los parámetros de cobertura, tiempo de viaje, confort, seguridad y costo con estándares internacionales, se puede calificar el sistema analizado.

4.6 ESTUDIO DE TRANSPORTE EN TAXIS O EN TRANSPORTE INDIVIDUAL

El transporte en taxis es un servicio que tiene una programación completamente independiente para cada uno de los vehículos en cuanto a rutas y horarios, con un plan de rodamiento prácticamente libre. La empresa afiliadora no interviene de ninguna manera en la operación ni en el mantenimiento de los mismos.

Un estudio está orientado, básicamente, a obtener datos sobre los siguientes conceptos:

- ♦ Horario efectivo de operación.
- ♦ Número de viajes realizados.
- ♦ Distancia recorrida en el período de operación, en cada viaje con pasajeros y sin ellos.
- ♦ Origen y destino de los viajes.

- ♦ Número de pasajeros movilizados.
- ♦ Ingreso diario por la prestación del servicio.

Los estudios de transporte en taxi normalmente se hacen a través de formatos que diligencia el conductor de este medio de transporte y que se conocen como diarios de viaje. Los diarios de viaje diligenciados por los taxistas pueden llegar a tener fallas y baja confiabilidad en la información recolectada, ya que debido a su idiosincrasia usualmente suelen distorsionar los datos y registrar, en muchos casos, información alejada de la realidad, inconsistente y contradictoria. Si es posible, se recomienda que el diario de viaje lo diligencie un aforador acompañante, quien viaja a bordo del taxi en el puesto delantero. De esta manera, se puede lograr mayor confiabilidad en la información recolectada en los diarios de viaje.

El uso del servicio de radioteléfono durante las 24 horas del día es aquel en donde el usuario marca el número del teléfono de la empresa de radiotaxi, el operador de dicha empresa toma los datos del usuario (nombre, dirección, etc.), lo archiva en el computador central, saca el mensaje al aire, los taxistas reportan su ubicación en la ciudad y el operador asigna al taxista más cercano para cubrir el servicio en el menor tiempo. El servicio de radioteléfono ofrece la ventaja de ser puerta a puerta y brinda mayor seguridad tanto al usuario como al conductor.

Con la sistematización del servicio de radioteléfono es posible coordinar con las empresas que prestan dicho servicio para que se registre no solamente el origen, sino también el destino del viaje. Debido a la posible resistencia del usuario a informar su destino, este dato lo puede suministrar el taxista mediante un mensaje codificado que transmite a la central, en el momento de confirmar la carrera. Estos registros permiten crear un banco de

datos diario, de cuyo proceso se obtienen los datos necesarios para complementar otros estudios de transporte, tales como encuestas domiciliarias y los mismos diarios de viajes diligenciados directamente por los taxistas.

Entre los objetivos que se buscan al realizar un estudio de taxis o transporte individual están el determinar los parámetros de operación del servicio de transporte individual relacionado con la oferta y la demanda, tales como el parque vehicular activo, pasajeros movilizados, distancias y tiempos recorridos con carrera y sin ellas, y los ingresos diarios, así como también contar con elementos de juicio para definir políticas de regulación y control, y la fijación de tarifas técnicas del servicio y el dimensionamiento del parque necesario de taxis para la ciudad.

4.6.1 Planeación

La toma de información de campo (diligenciamiento de los formatos de diarios de viajes) se debe hacer durante los días más representativos de las condiciones medias normales de la prestación del servicio, seleccionando los taxis objeto del estudio en forma aleatoria de acuerdo con el número de encuestas definido por empresa, modelo y marca, hasta completar el total del tamaño de muestra requerido desde el punto de vista estadístico. El diario de viajes se debe llenar durante todo el turno de prestación del servicio, ya sea diurno o nocturno. Es deseable que la toma de la información se realice haciendo una distribución proporcional de las encuestas dentro de los siete días de la semana para cubrir el 100% de la muestra.

Una de las aplicaciones de este estudio, además de la determinación de la demanda, es proporcionar algunos datos para determinar los costos de operación con el fin de calcular la tarifa técnica para el cobro del servicio y evaluar las necesidades del parque. La variable costos

de operación depende de la marca del vehículo y de la edad promedio del parque, la cual se conoce con certeza. Para lo anterior, se debe realizar un análisis estratificado de frecuencias de la edad del parque de taxis de la ciudad y calcular su varianza, luego se adopta un valor razonable del error permisible (entre uno y cinco años) para aplicar la fórmula estadística del tamaño de la muestra dada anteriormente.

4.6.1.1 Logística

Personal y equipo

Básicamente, la toma de datos de campo la realiza el conductor del taxi, en cada uno de los turnos de operación. Para garantizar mayor fidelidad en la recolección de la información, si es posible se puede programar un acompañante, quien se encargará de diligenciar el formato. Solamente se requieren los formatos, un cronómetro, tablas de apoyo o planilleras y un bolígrafo.

4.6.1.2 Formatos de campo

En la figura 4.9 se presenta el formato para el diario de viaje de los taxistas.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación*
 - *Fecha (D/M/A).* Escribir el día, mes y año de la realización del estudio, acompañado del día correspondiente de la semana. Ejemplo: viernes 22 de mayo de 2005.
 - *Marca vehículo.* Registrar la marca del taxi: Mazda, Renault, Daewoo, Hyundai, etc.
 - *Placa.* Anotar la placa de identificación del taxi. Ejemplo: SFA-634.
 - *Hoja: __ de __.* El primer espacio lleva la numeración secuencial de las hojas o formatos diligenciados. El segundo campo es el número total de hojas utilizadas y se llena una vez que

- *Lectura inicial del odómetro.* Registrar la lectura en el odómetro o cuentakilómetros en el momento de iniciar la jornada de trabajo, es decir, al salir a buscar o recoger pasajeros.
 - *Lectura final del odómetro.* Registrar la lectura del odómetro o cuentakilómetros en el momento de terminar la jornada laboral.
 - *Conductor.* Nombre del taxista que está al frente de la conducción del vehículo.
- ♦ *Cómo llenar el cuerpo del formato*
- *Carrera N°.* En esta columna se registra la numeración secuencial de las carreras realizadas con pasajeros.
 - *Dirección origen.* Anotar la dirección donde se recoge el (los) pasajeros(s). Si es posible, complementarla con el nombre del barrio del sitio de origen.
 - *Dirección destino.* La dirección o ubicación exacta del sitio de destino de los pasajeros.
 - *Lectura odómetro origen.* Registrar la lectura en el odómetro o cuentakilómetros en el momento de iniciar una carrera con pasajeros a bordo.
 - *Lectura odómetro destino.* Registrar la lectura en el odómetro o cuentakilómetros en el momento de dejar los pasajeros en su destino.
 - *Hora inicial carrera.* Hora y minutos del momento en que se recogen los pasajeros en formato militar (0-24).
 - *Hora final carrera.* Hora y minutos en el momento en que se dejan los pasajeros en su destino.
 - *N° de pasajeros.* Anotar el número de pasajeros transportados en la carrera.
 - *Costo carrera.* Anotar el valor cobrado por la carrera en pesos colombianos.
 - *¿Radioteléfono?* Escribir una X si el servicio fue solicitado por radioteléfono.

En la parte inferior se registran el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista. Finalmente, se anotan los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

4.6.2 Ejecución

Inicialmente se debe hacer el trabajo de planeación del estudio, que incluya: a) recolección de la información sobre las empresas prestadoras del servicio de transporte en taxis con licencia de funcionamiento en la ciudad y de la relación del parque vehicular, con la estratificación por modelo o edad, si se va a utilizar esta variable para la determinación del tamaño muestral; b) hacer contactos con las empresas de taxis para informar sobre el objetivo del estudio y coordinar el trabajo de campo para la toma de la información; c) seleccionar un grupo de los conductores más capacitados por empresa, de acuerdo con el tamaño muestral requerido, que estén dispuestos a colaborar, con el fin de explicarles sobre las bondades del estudio y capacitarlos sobre el diligenciamiento del diario de viajes; d) distribuir los formatos de diarios de viaje y programar los turnos que hay que aforar, buscando la representatividad de las condiciones medias de operación del servicio; e) los odómetros o cuentakilómetros de los taxis deben hallarse en perfecto estado de funcionamiento.

El coordinador ha de estar pendiente del cumplimiento de la programación para la toma de la información y una vez que finalice el turno de prestación del servicio de cada taxi debe recoger, verificar, clasificar y archivar los formatos de campo para su posterior procesamiento. Cuando se haya decidido el tamaño de la muestra, se va a definir por una de las variables que se

obtienen en el estudio, después que se reciban al menos los primeros 30 diarios de viaje, se deben procesar con el objeto de obtener los parámetros de variabilidad para aplicar la fórmula estadística con miras a calcular el tamaño muestral requerido.

El conductor o aforador acompañante debe llenar la información inicial de la sección de identificación del formato antes de iniciar la jornada, y asegurarse de la funcionalidad del reloj y del odómetro o cuentakilómetros.

Cuando sea solicitado y confirmado un servicio de transporte, ya sea directamente en la calle o por intermedio del servicio de radioteléfono, el conductor o acompañante debe diligenciar de inmediato los datos del origen de la carrera. En cada fila del cuerpo del formato se registra la información correspondiente a una carrera.

Una vez que se deje al pasajero en su sitio de destino, se debe registrar inmediatamente la información solicitada en el formato sobre destino de la carrera.

Para cada carrera realizada durante la jornada de trabajo se debe tomar el mismo tipo de información, procurando hacer letra legible y registrar la información con la mayor precisión posible.

Cuando se termine la jornada laboral o el turno de trabajo, el conductor o acompañante debe anotar la información final en la sección de identificación del formato y entregar el diario de viajes al aforador, coordinador o supervisor del estudio.

4.6.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

4.6.3.1 Parámetros de operación del vehículo

Inicialmente se deben totalizar los kilómetros recorridos (K_T) y la duración de la jornada de trabajo (TT), calculando simplemente

te las diferencias de los valores final e inicial de las lecturas del odómetro y de las horas respectivamente, que se registraron en la zona de identificación del formato.

$$K_T = K_F - K_I \text{ y } T_T = T_F - T_I \quad 4.3$$

Con base en la información registrada en el cuerpo del formato hay que calcular la duración y la distancia recorrida para cada una de las carreras, obtenida por las diferencias entre los valores final e inicial respectivos. La sumatoria de estos valores da los tiempos y distancias totales en operación con carreras. La diferencia entre los valores totales de tiempo y distancia de la jornada y los totales de tiempos y distancias con carrera dan los valores del tiempo y distancias recorridas sin carrera. El número de pasajeros movilizados (P) se obtiene de la sumatoria de la columna respectiva.

Finalmente se calculan algunos indicadores del servicio, tales como el coeficiente de utilización en distancia (CUD), el coeficiente de utilización en tiempo (CUt), el número medio de pasajeros movilizados por carrera u ocupación media (Nmp), la longitud media por carrera (Lmc), con las siguientes expresiones:

$$CUD = \frac{K_{CC}}{K_T}; \quad CUt = \frac{T_{CC}}{T_T}; \quad Nmp = \frac{P}{nc}$$

$$Lmc = \frac{K_{CC}}{nc} \quad 4.4$$

Donde:

K_{CC} : distancia total recorrida con carreras o transportando pasajeros (kilómetros productivos recorridos en promedio día por vehículo).

KSC: distancia total recorrida sin carrera.

KT : distancia total recorrida en la jornada de trabajo (kilómetros promedio por día por vehículo).

P : número total de pasajeros movili-
zados en la jornada de trabajo.

Nc : número total de carreras realizadas.

Una vez procesada la información corres-
pondiente de cada uno de los taxis, se puede
resumir en una tabla con el fin de calcular los
valores promedios para todos los turnos mues-
treados, ya sea por empresa, por tipo de vehí-
culo y para toda la ciudad.

4.6.3.2 Estimación de la demanda de transporte

Para los estudios de planeación de trans-
porte es necesario conocer los pasajeros movi-
lizados por cada modo de transporte, para con-
formar la matriz de viajes o de origen y destino,
de acuerdo con la zonificación de la ciudad pre-
viamente definida.

El estudio de demanda en el modo taxi
entrega datos muestrales de los viajes de pasa-
jeros realizados. Para el procesamiento se debe
hacer la codificación de los orígenes y destinos
de todas las carreras registradas en los forma-
tos, y luego totalizar los pasajeros movilizados
de origen a destino, por turno, de todos los taxis
muestreados para obtener la matriz de distri-
bución de viajes (generación y atracción).

La estimación de la demanda de viajes
para el servicio de taxis en la ciudad (número
total de viajes personales diarios en taxi) se ob-
tiene expandiendo los datos de la muestra. Para
ello, se supone que todos los taxis (población
activa) hacen el mismo número de carreras con
el número promedio de pasajeros movilizados
(ocupación media) y que se laboran ocho horas
por turno. El valor estimado se obtiene al mul-
tiplicar el número promedio de viajes por tur-
no o período por el número de vehículos ope-
rantes o parque automotor activo por período y
por la ocupación media de pasajeros.

Demanda estimada = (Nº promedio de
viajes por vehículo en jornada de ocho horas)

(parque de taxis de la ciudad) (% activo por
período) (ocupación media) (Nº promedio de
tramos de operación).

La información continua permite cono-
cer parámetros para el estudio de costos
operacionales, ingresos mensuales por vehícu-
lo y deducir otras características operacionales
de este servicio de transporte.

4.6.3.3 Estimación de las necesidades de equipos

El Ministerio de Transporte de Colombia
recomienda utilizar la siguiente expresión para
determinar el incremento del parque automor-
tor tipo taxi para una ciudad:

$$i = \frac{(C_{Ur} - C_{Um})N}{C_{Ur}} \text{ y } C_{Um} = \frac{IN}{I_r} C_{Ur} \quad 4-5$$

Donde:

i : incremento del parque de taxis.

Puede dar positivo (demanda in-
satisfecha) o negativo (sobre-
oferta).

N : parque automotor activo en la ciu-
dad.

C_{Ur} : porcentaje de utilización media
real, que se determina en función
de la distancia en que el vehículo
esté en movimiento con pasajeros
(K_{cc}). Es el valor promedio de los
coeficientes de utilización en dis-
tancia (C_{ud}) obtenidos en el estu-
dio.

C_{Um} : porcentaje de utilización mínima
del parque automotor.

IN : ingreso normal diario (ingreso mí-
nimo que debe obtenerse para la
operación del vehículo, que cubre
los costos fijos, variables, depre-
ciación y rentabilidad).

I_r : ingreso real producido por el ve-
hículo. Se obtiene promediando los

valores de los ingresos diarios, registrados por cada uno de los taxistas en el formato correspondiente o diario de viaje.

Remplazando el valor de CUM de la segunda ecuación en la primera, la fórmula se convierte en la siguiente:

$$i = \left(1 - \frac{IN}{Ir}\right)N$$

Del análisis de la ecuación anterior, se deduce que:

Si $\frac{IN}{Ir} \geq 1$, entonces $i \leq 1$ y debe haber congelamiento del parque (en el momento del estudio hay sobre oferta, y

Si $\frac{IN}{Ir} \leq 1$, entonces $i \geq 1$, se puede autorizar incremento del parque.

Para determinar las necesidades del parque de taxis en la ciudad, teniendo en cuenta los anteriores conceptos, es necesario calcular el tamaño de la flota óptima de taxis y compararla con el tamaño de la flota existente. La flota óptima se obtiene cuando se igualan el ingreso medio real con el ingreso normal diario requerido para una utilización óptima del 60% ($Ir=IN60\%$). Las expresiones son las siguientes:

$$Ir = IN; Ir = Nc * Vc; Nc = \frac{Dmv}{Nop}; \text{ por tanto: } Nop = \frac{(Dmv)(Vc)}{IN_{60\%}} \quad 4.6$$

Donde:

Nop : tamaño de la flota óptima o parque óptimo de taxis en la ciudad.

Nc : número medio diario de carreras.

Vc : valor medio de la carrera.

Dmv : demanda diaria de viajes en taxis (número total de viajes al día).

Si $Nop > N$, se puede autorizar incremento del parque de taxis.

Si $Nop < N$, hay sobreoferta y se debe congelar el parque de taxis.

4.7 OCUPACIÓN VISUAL EN TRANSPORTE INDIVIDUAL

Este es un estudio de utilización del servicio de transporte individual, que permite determinar el volumen vehicular, pasajeros movilizados, capacidad transportadora y nivel de ocupación de los vehículos, siendo éste último uno de los indicadores más importantes para evaluar la eficiencia del servicio de transporte público.

La información de carga de pasajeros de transporte público individual se basa en el método de inspección visual, el cual consiste en identificar y registrar la utilización del vehículo al pasar por el punto de observación con un patrón definido.

4.7.1 Planeación

El estudio de ocupación visual vehicular no se realiza por muestra en el punto de control, sino por el registro de todos los vehículos que pasan durante el período de máxima demanda por ese punto ubicado estratégicamente en el tramo.

Es difícil definir y generalizar la duración del período del estudio para las diferentes empresas o ciudades, ya que el comportamiento de la demanda es propio de cada una de ellas. Este estudio se debe hacer en forma simultánea con los estudios de aforo en transporte público colectivo.

4.7.1.1 Logística

Es recomendable preparar un programa de trabajo para el entrenamiento y calibración del grupo de aforadores. Para garantizar la precisión de los conteos se recomienda que un supervisor entrenado realice un conteo en

un punto que se está aforando y contabilice exactamente el número de pasajeros y vehículos en el punto de control. No deben presentarse diferencias significativas con los niveles de ocupación o datos registrados por el aforador. Si se presentan, deberá tomarse los correctivos necesarios para garantizar la mejor estimación de la ocupación vehicular durante los aforos.

Entrenamiento de aforadores

La determinación de la carga de pasajeros o nivel de ocupación de un taxi que pasa por un punto de control se puede hacer por conteo o por contraste visual.

Es de uso corriente la utilización del método de inspección o contraste visual, el cual consiste en hacer una estimación sobre si el taxi va ocupado o libre.

Ubicación, día y hora del estudio

Los estudios se deben realizar en los tramos de máxima demanda, definidos en los estudios de rotación de demanda o de ascenso y descenso de pasajeros, en sitios generadores o atractores de tráfico. Se deben hacer los aforos en los períodos de máxima demanda y con una periodicidad definida, normalmente a intervalos regulares, anuales o temporales, y durante los días representativos de las condiciones medias o normales.

Personal y equipo

El número de aforadores u observadores depende del volumen de taxis que pasen por el punto de aforo y si existen movimientos en ambos sentidos. Un observador bien entrenado puede realizar el conteo normalmente en un punto de control. Es conveniente que cada aforador tenga un reloj digital, tabla de apoyo o planillera, bolígrafo, carné o escarapela de identificación y formatos de campo suficien-

tes para el período de aforo. Si en el punto de control se presenta gran volumen de transporte individual o abordajes simultáneos, se necesitan dos o más aforadores. Cuando hay dos aforadores, el primero observa y dicta y el segundo registra la información en el formato de campo.

Formato de campo

En la figura 4.10 se presenta el modelo de formato de campo recomendado para la realización del estudio por el método de contraste visual.

- *Cómo llenar la sección de identificación*
 - *Fecha (D/M/A).* Escribir el día, mes y año de realización del estudio, acompañado del día de la semana. Ejemplo: viernes, 22 de mayo /05.
 - *Hoja: __ de: __.* En el primer espacio se anota la numeración secuencial de las hojas o formatos diligenciados. El segundo campo es el número total de hojas utilizadas y se llena una vez que se termine el período de aforo.
 - *Hora inicio.* Registrar la hora y minutos, en formato militar (0-24h), del momento en que se comienzan a hacer los aforos. Ejemplo: 8:00 para las ocho de la mañana y 17:30 para las 5:30 de la tarde
 - *Hora final.* Hora y minutos en que se termina el período de aforos, igualmente en formato militar.
 - *Localización.* Corresponde a la dirección o sentido del viaje de los taxis. Se pueden adoptar convenciones para el estudio. Por ejemplo: un extremo de la ruta como “Punto A” y el otro extremo como “Punto B”.
 - *Cómo diligenciar el cuerpo del formato.* El cuerpo del formato de campo está dividido en dos grandes blo-

ESTUDIO DE OCUPACIÓN EN TRANSPORTE INDIVIDUAL - TAXIS					
Fecha: (D.M.A.)		Hora Inicio:		Localización:	
Día:		Hora Final:			Hoja: De:
PERIODO	OCUPADO	DESOCUPADO	PERIODO	OCUPADO	DESOCUPADO
Observaciones:					
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE			NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:		NOMBRE:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:		FIRMA:			
CARGO:		CARGO:			
FECHA:		FECHA:			
ELABORÓ			REVISÓ		

Figura 4.10.
Formato de campo para el estudio de ocupación visual de transporte individual.

Fuente:
Elaboración propia.

ques, cada uno de tres columnas; en cada bloque se registra la información correspondiente para las ocupaciones de los vehículos.

- **Período.** Se registra el período de aforo (en formato militar de 0-24 h).
- **Ocupación.** Se debe registrar, mediante el número de pasajeros, si el taxi va ocupado o desocupado.

En el pie del formato se deben anotar las observaciones sobre los aspectos, incidentes o factores que puedan tener alguna injerencia en los resultados del estudio. En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista. Finalmente, se anotan los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

4.7.2 Ejecución

Inicialmente se debe hacer un trabajo de planeación que permita a) tener una estimación de los flujos vehiculares en los puntos de control para definir el tamaño de la brigada de campo (aforadores, coordinadores y supervisor) requerida para la toma de información; b) definir la ubicación o dirección exacta de los terminales de inicio y de finalización del recorrido y de los puntos de control o de aforo, los cuales se recomienda ubicar preferiblemente a mitad de cuadra y que no coincidan con la zona de paraderos; c) programar y realizar el entrenamiento de los aforadores para garantizar la confiabilidad en la recolección de la información sobre ocupación vehicular; d) distribuir el material necesario para el estudio entre los aforadores y entregar las credenciales o carnets de identificación.

Los aforadores deben estar en el sitio de aforo con 15 a 30 minutos de anticipación a la hora de inicio del aforo, con los elementos y equipos necesarios, para identificar bien el punto de control, registrar en el formato de campo toda la información de la sección de identificación del estudio que se está realizando y verificar la sincronización de los relojes con el supervisor. Los aforadores deben ubicarse en una posición estratégica que les permita tener la mayor visibilidad de los taxis que se acercan y de su nivel de ocupación. Normalmente, los aforadores deben ubicarse en un lugar protegido del andén, separador o cobertizo, y al lado derecho del sentido de circulación del tránsito.

El aforador estará atento a comenzar el registro de las observaciones en la hora programada de inicio. Al acercarse el vehículo asignado, se registra en los campos respectivos la información solicitada en el cuerpo del formato diseñado para el estudio, procurando hacer letra nítida y legible.

El aforador deberá anotar toda la información particular que pueda afectar el aforo realizado, tal como la presencia de vidrios polarizados, rutas informales y las condiciones atmosféricas predominantes.

Una vez finalizado el período de aforo programado, el aforador debe revisar que los formatos contengan toda la información solicitada, los firma y los entrega al coordinador del estudio, quien tiene que clasificarlos y archivarlos en sobres de papel manila debidamente rotulados para su fácil identificación y entregarlos al supervisor para su posterior procesamiento y análisis.

4.7.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

Se establecen parámetros como volumen vehicular, pasajeros movilizados, capacidad transportadora y el nivel de ocupación de los vehículos, siendo este último uno de los indicadores más importantes para la evaluación de la eficiencia del servicio de transporte público individual.

4.8 ENCUESTA DE PREFERENCIA DECLARADA

La técnica de preferencia declarada es un método de diseño de encuesta que consiste en la presentación de opciones hipotéticas a los encuestados para conocer su comportamiento, percepción, actitudes y preferencias. Estos estudios suponen el uso de técnicas de investigaciones de mercado para que el encuestado escoja o clasifique, en orden de preferencia, esos escenarios hipotéticos. Estos escenarios representan grupos de distintos atributos que usualmente representan situaciones actuales por las que pasa el encuestado. Ejemplos de atributos podrían ser tiempos de viaje, costos, recursos, comodidad, entre otros. Esto lo hace

una técnica útil para predecir las preferencias de nuevos modos de transporte y otros aspectos importantes que influyen en la demanda.

Los métodos de preferencia declarada son maneras de deducir las preferencias individuales por bienes, maneras de actuar, o de modo más general, “alternativas”, que se basan en las opiniones o “intenciones” de los individuos acerca de su preferencia, expresadas en encuestas o mercados contruados e hipotéticos, no mercados reales. Por tanto, este método difiere de métodos más tradicionales de obtener preferencias basados en el comportamiento real observado del individuo, como la preferencia revelada (PR), en que el escoger una opción no obliga al individuo a comprometer recursos reales. (Louviere, 2000)¹.

Las opciones son, típicamente, descripciones de un conjunto de situaciones de transporte o contextos contruados por el investigador que se emplean para estimar funciones de utilidad. Por su naturaleza, los métodos de preferencia declarada requieren para recolectar datos encuestas diseñadas *ex profeso*².

Algunas características de las encuestas de preferencia declarada son las siguientes:

- ♦ Se basan en la obtención de declaraciones de los entrevistados acerca de cómo responderían ante diversas alternativas hipotéticas de transporte.
- ♦ Cada opción se presenta como un paquete de diferentes atributos, como tiempo de viaje, peaje, servicios y otros.
- ♦ El investigador construye alternativas hipotéticas, de tal manera que el efecto individual de cada atributo se pueda diferenciar. Esto se logra usando técnicas

de diseño experimental, que aseguran que las variaciones en atributos en cada paquete son estadísticamente independientes la una de la otra.

- ♦ El investigador se debe asegurar de que a los entrevistados se les den alternativas que puedan entender, parecer posibles y realistas, y relacionarse con su nivel actual de experiencia.
- ♦ Los entrevistados declaran sus preferencias hacia cada opción, ya sea ordenándolas por su atractividad, calificándolas en una escala que indique la fuerza de su preferencia o simplemente escogiendo la opción preferida de entre un par o grupo de alternativas.
- ♦ Las respuestas dadas por los individuos se analizan a manera de proveer medidas cuantitativas de la importancia relativa de cada atributo; en muchos casos, los modelos de elección pueden estimarse a partir de este tipo de análisis.

Aun cuando las técnicas de preferencias reveladas son la mejor fuente de información para derivar utilidades y modelos de demanda de viajes, tienen algunas limitaciones en su uso, como:

- ♦ Es difícil y costoso obtener suficiente variación en los datos de preferencia revelada para examinar todas las variables de interés.
- ♦ Existe frecuentemente una fuerte correlación entre las variables explicatorias de interés (particularmente el tiempo de viaje y el costo). Esto dificulta la estimación de parámetros de los modelos que reflejen razones de intercambio adecuadas.

¹ Jordan Louvier (julio de 2000). Why Stated Preference Discrete Choice Modelling is Not Conjoint Analysis (and What SPDCM is). Memetrics White Paper.

² Eric Kroes & Robert Sheldon (enero de 1988). Stated Preference Methods - An Introduction. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. XXII, No. 1.

- ♦ Los métodos de preferencia revelada no pueden emplearse adecuadamente para evaluar la demanda en condiciones que aún no existen.
- ♦ Los métodos de preferencia revelada requieren que las variables explicativas se expresen en unidades objetivas, por lo que en general se restringen a variables primarias del servicio (como tiempo de viaje y costo) y rara vez se usan para evaluar variables secundarias, como la comodidad de viaje.

La mayor parte de estas dificultades se resuelven mediante el uso de preferencias declaradas, las cuales tienen las siguientes ventajas:

- ♦ Analizan las características de la demanda, independientemente de las limitaciones en la oferta.
- ♦ Prueban la reacción ante situaciones no existentes pero posibles en el futuro.
- ♦ Presentan un conjunto de alternativas más amplio que las existentes.
- ♦ Expresan con mayor precisión las características de las alternativas.
- ♦ El uso de múltiples opciones en las entrevistas permite una mejor estimación de las razones de cambio entre atributos.
- ♦ El recolectar varias respuestas del mismo entrevistado permite que el método sea eficiente en costo.

Por tanto, el uso de técnicas de preferencia declarada permite entender las reacciones de los usuarios en cuanto a políticas, conceptos y diseño, antes de su implantación, evitando pérdidas mayores en inversiones monetarias.

Los datos sobre preferencias declaradas ofrecen una interesante alternativa; las técnicas de recolección de estos datos permiten obtener información de buena calidad y a un costo razonable.

A continuación se relacionan las características más importantes al utilizar una encuesta de preferencia declarada:

- ♦ Es posible construir escenarios que reduzcan a cero las correlaciones entre atributos, que en situaciones normales pueden ser bastante altas.
- ♦ Es posible aislar los efectos de variables de especial interés.
- ♦ Es posible incorporar factores, e incluso opciones, no existentes en la actualidad, o que hoy en día no presenten variabilidad (seguridad, confiabilidad). En estos casos la encuesta de preferencia declarada puede ser la única vía de análisis.
- ♦ Como cada entrevistado debe considerar, típicamente, varias situaciones hipotéticas, se generan múltiples respuestas por cada individuo. Esto permite estimar modelos de buena calidad estadística a menor costo.

4.8.1 Procedimiento general del diseño de una encuesta

El proceso de diseño de encuestas de preferencia declarada es un proceso delicado que requiere cuidado y para el cual hay distintas aproximaciones. Sin embargo, los pasos generalmente sugeridos en la literatura disponible sobre el tema son los siguientes:

- ♦ Escoger los factores o “atributos” de las alternativas de transporte que se analizarán en el ejercicio.
- ♦ Elegir el modelo de análisis que se utilizará.
- ♦ Seleccionar los valores de dichos atributos que van a usarse.
- ♦ Tomar la decisión sobre la manera en que se presentarán los estímulos.
- ♦ Realizar la prueba y ajuste de dicho cuestionario.
- ♦ Determinar la muestra a tomar.

4.8.1.1 Selección de variables de la encuesta (tiempo, costo, servicios)

Las variables que van a utilizarse en una encuesta dependen en primer lugar del objetivo del estudio. Es importante definir las alternativas en términos de atributos que las caractericen y que puedan emplearse posteriormente para analizar variaciones esperadas o deseadas en los sistemas de transporte.

Una limitante práctica es que los ejercicios se deben mantener dentro de límites manejables. El número de opciones que van a analizarse en los ejercicios se incrementa de manera exponencial con el número de atributos que hay que analizar y los niveles de valores que se van a incluir en la encuesta. Típicamente, los entrevistados pueden evaluar de manera adecuada un número limitado de alternativas –el valor generalmente aceptado es de 9 a 16 opciones–, por lo que sólo puede usarse un número limitado de variables para lograr un diseño tradicional (factorial u ortogonal) (Kroes Sheldon, 1988, *op. cit.*).

La elaboración de la encuesta dependerá del diseño del estudio; es decir, de los objetivos, naturaleza y alcance del mismo, y de sus resultados previstos.

Finalmente, se recomienda utilizar la técnica de muestreo doble, la cual consta de dos fases; en la primera, se toma una muestra amplia en la que se analiza algún aspecto fundamental para la segunda fase; esta segunda fase la constituye un muestreo aleatorio, complementario de la primera. Con los resultados del premuestreo de la primera fase se procede a determinar las características principales de cada punto seleccionado de trabajo que están en capacidad de contribuir a mejorar la eficiencia del muestreo final de la segunda fase.

A continuación se muestra un ejemplo de las tarjetas utilizadas en una encuesta de pre-

ferencia declarada realizada por el Consorcio Vial del Perú entre Cal & Mayor y Asociados y Badallsa, para el estudio de demanda de la red vial del Perú:

Inicialmente se presenta un proceso de análisis de la encuesta piloto, la cual pasa por varias etapas. En primer lugar, se debe verificar la conveniencia operativa de los formularios y la manera en que se lleva a cabo la entrevista. Como producto de las entrevistas en campo se toma la decisión de modificar las tarjetas iniciales y se recomienda incluir algunos elementos gráficos que permitan que el encuestado tenga una mejor apreciación de las alternativas que puede elegir.

En la figura 4.11 se ve un ejemplo de una tarjeta utilizada para la realización de la prueba piloto.

Con base en los resultados obtenidos de la prueba piloto, se diseñaron los juegos de tarjetas, para todos los casos se decidió llevar a cabo entrevistas cara a cara sobre la vía utilizando cuestionario preimpresos con preguntas iniciales, con la finalidad de segmentar mercados y con la presentación de estímulos mediante el uso de tarjetas preimpresas con los valores definidos de cobro. A continuación se presenta un ejemplo de tarjetas para una encuesta con dos variables de diez tarjetas (figura 4.12).

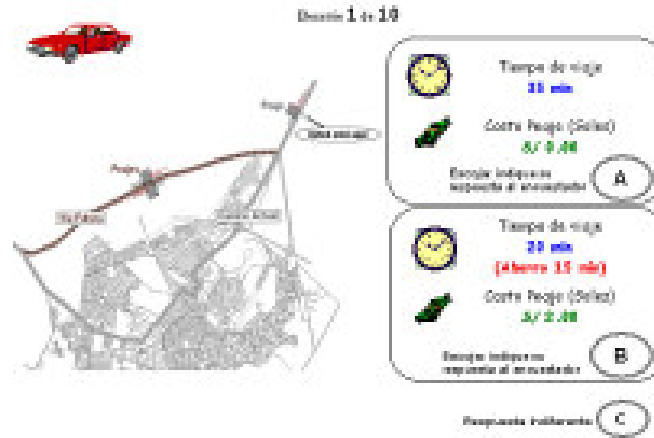
Elección 1 de 10

Actual	Futura
  Tiempo de viaje 30 min	  Tiempo de viaje 15 min (Ahorro 15 min)
 Costo Peaje (Soles) S/ 0.00	 Costo Peaje (Soles) S/ 5.00
Escója: indique su respuesta al encuestador	Escója: indique su respuesta al encuestador
☐ A	☐ B
☐ C Respuesta Indiferente	
Redes Viales del Perú	

Figura 4.11.
Ejemplo de
tarjeta para
prueba piloto.

Fuente:
Extractado del
informe final del
estudio de
demanda del
consorcio C&M -
Badallsa.

Figura 4.12.
Ejemplo de
tarjeta con
dos
variables.



Fuente:
Extractado del
informe final del
estudio de
demanda del
consorcio C&M -
Badallsa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acceda Hernández, Ángel (1987). *La operación de los transportes*. México: Corporación Mexicana de Impresión.
- ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos (1990). *Gerenciamiento de Transporte Público Urbano, Instrucciones Básicas*, 57 pp.
- Box, Paul C. & Oppenlander, Joseph C. (1976). *Manual de estudios de ingeniería de tránsito*. México: Representaciones y servicios de ingeniería, cap. 12.
- Consortio Vial del Perú. Cal & Mayor y Asociados - Badallsa. Estudio de demanda de la red vial del Perú.
- EBTU, Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos. Gerencia do sistema de transporte público de passageiros (STPP) - Módulos de treinamento. Planejamento da Operação 3 Característica do sistema. Seis módulos.
- Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos, EBTU (1988). Gerencia do sistema de transporte público de passageiros. Módulos de treinamento. Planejamento da Operação. Elementos intervinientes. Brasília, TTC.
- Molinero Molinero, Ángel R. & Sánchez Arellano, Ignacio (1996). *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración*. México: Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal, p. 364.
- National Cooperative Highway Research Program (1986). *Traffic Data Collection and Analysis. Methods and Procedures*. Washington, D.C.: Transportation Research Board, TRB, Synthesis of Highway Practice # 130.
- Ortúzar Salas, Juan de Dios (2000). *Modelos econométricos de elección discreta*, p. 193.
- Sedesol (1986). *Operación del transporte público. Manual normativo*, tomo V.
- Transit Cooperative Research Program (1995). *Bus Route Evaluation Standards. A Synthesis of Transit Practice*. Washington, D.C.: TRB, National Research Council. TCRP, Synthesis # 10.
- Urban Mass Transportation Administration (1985, June). *Transit Data Collection. Design Manual. Final Report. DOT-I-85-38*. Washington, D.C.: Umta.

5

Estudios de Campo para la Oferta de Transporte Público

CONTENIDO

5.1	INVENTARIO DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS	5-6
5.1.1	Planeación	5-7
5.1.1.1	Logística.....	5-7
5.1.2	Ejecución	5-11
5.1.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	5-13
5.2	VERIFICACIÓN DE ITINERARIO DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS	5-15
5.2.1	Planeación	5-15
5.2.1.1	Logística	5-16
5.2.2	Ejecución	5-18
5.2.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	5-18
5.3	MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN TERMINALES Y CIERRES DE CIRCUITO EN RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS	5-20
5.3.1	Planeación	5-21
5.3.1.1	Logística.....	5-21
5.3.2	Ejecución	5-23
5.3.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	5-24
5.4	TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	5-24
5.4.1	Planeación	5-27
5.4.1.1	Logística.....	5-28
5.4.2	Ejecución	5-31
5.4.3	Procesamiento de la información	5-32
5.4.3.1	Determinación y revisión de tiempos de recorrido	5-32
5.5	TIEMPO DE RECORRIDO POR EL MÉTODO DE LAS PLACAS	5-32
5.5.1	Planeación	5-33
5.5.1.1	Formatos de campo	5-33
5.5.2	Ejecución	5-35
5.5.3	Procesamiento y obtención de resultados	5-36
5.6	ESTUDIOS DE COSTOS DE OPERACIÓN EN TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS	5-36
5.6.1	Planeación	5-38
5.6.1.1	Logística.....	5-38
5.6.2	Ejecución	5-55
5.6.3	Procesamiento de la información y generación de resultados	5-58
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5-59

FIGURAS

Figura 5.1	Formato para el estudio de inventario de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros cuando existen las resoluciones de autorización	5-9
Figura 5.2	Formato de esquema de la ruta evaluada	5-10
Figura 5.3	Formato de reconocimiento en campo	5-12
Figura 5.4	Formato de hoja resumen N° 1	5-13
Figura 5.5	Formato de hoja resumen N° 2	5-14
Figura 5.6	Formato de campo para el estudio de verificación de itinerarios de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros	5-17
Figura 5.7	Formato resumen para el estudio de verificación de itinerarios de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros.	5-19
Figura 5.8	Formato de campo para la medición de parámetros en terminales y cierres de circuito en rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros.	5-22
Figura 5.9	Hoja resumen para determinación de parámetros de operación en terminales y cierre de circuitos en rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros.	5-25
Figura 5.10	Formato de campo para el estudio de tiempos de recorrido y demoras.	5-30
Figura 5.11	Tiempos de recorrido - Método de las placas. Formato de campo.	5-34
Figura 5.12	Encuesta a empresas de transporte (parte 1 de 4).	5-42
Figura 5.13	Encuesta a empresas de transporte (parte 2 de 4).	5-43
Figura 5.14	Encuesta a empresas de transporte (parte 3 de 4).	5-44
Figura 5.15	Encuesta a empresas de transporte (parte 4 de 4).	5-45
Figura 5.16	Encuesta a talleres de mantenimiento y reparación.	5-48
Figura 5.17	Encuesta a estaciones de servicio.	5-49
Figura 5.18	Encuesta a almacenes distribuidores de repuestos.	5-50
Figura 5.18	Encuesta a almacenes distribuidores de repuestos (continuación).	5-51
Figura 5.18	Encuesta a almacenes distribuidores de repuestos (continuación).	5-52
Figura 5.19	Encuesta a distribuidores de llantas.	5-55
Figura 5.20	Encuesta a concesionarios de vehículos.	5-56
Figura 5.21	Encuesta de laboratorios de combustible.	5-57
Figura 5.22	Resumen encuestas de operación de buses.	5-58

TABLAS

Tabla 5.1	Codificación de tipos de demoras o reducción de velocidad.	5-26
Tabla 5.2	Requisitos para el tamaño mínimo aproximado de la muestra para el estudio de velocidades y demoras en transporte público con un nivel de confiabilidad del 95%.	5-28
Tabla 5.3	Formato de cálculo y revisión de tiempos de recorrido.	5-33
Tabla 5.4	Base de datos para recopilar información de tiempos de recorrido.	5-33
Tabla 5.5	Base de datos para recopilar la información de tiempos de recorrido por el método de las placas en transporte público.	5-36

Este capítulo contiene los diferentes estudios que se deben realizar para establecer la oferta en el transporte público, se presentan estudios tales como el inventario y verificación de las rutas del transporte público, la medición de los diferentes parámetros de operación en terminales, estudio del intervalo de paso y ocupación, así como la medición de los tiempos de recorrido y las demoras en el transporte público; finalmente, el inventario y operación de las zonas amarillas.

A continuación se relacionan los estudios necesarios para establecer la oferta de transporte público con los objetivos principales de cada uno de ellos:

- ♦ *Inventario de rutas.* Obtener la caracterización básica del sistema de rutas relacionada con la definición del servicio, identificando itinerarios, número y ubicación de terminales, la cantidad de rutas, los horarios y las tarifas del servicio; igualmente, hacer el levantamiento de información básica de operación de las rutas autorizadas a las empresas y las que efectivamente prestan el servicio.
- ♦ *Verificación del itinerario de las rutas de transporte.* Realizar el levantamiento en campo de las vías por las que circulan los vehículos de las rutas de transporte público que parten desde el terminal de ini-

cio, hasta el terminal final y viceversa, así como obtener la ubicación de los tramos que constituyen el itinerario completo de las rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros.

- ♦ *Medición de los parámetros de operación de los terminales.* El principal objetivo es contabilizar los pasajeros movilizados por cada vehículo de una determinada ruta en un período de servicio, así como los intervalos de despacho de la ruta, además de obtener los tiempos de ciclo y tiempos en terminal para los vehículos de una ruta y la velocidad comercial.
- ♦ *Tiempos de recorrido y demoras.* Determinar los tiempos de recorrido y los diferentes tipos de velocidad a las que circulan los vehículos de transporte público a lo largo de un tramo o del total de la ruta; adicionalmente, establecer la ubicación, duración y tipos de demora, que se presentan durante la prestación del servicio a lo largo de una ruta de transporte público, y finalmente determinar parámetros e indicadores de operación de una ruta de transporte público.
- ♦ *Costos de operación.* Estimar los costos de operación de los vehículos de transporte público, así como los parámetros de costos del servicio utilizados en los cálculos tarifarios y análisis financieros de las empresas de transporte.

- ♦ *Inventario y operación de las zonas amarillas.* Establecer los parámetros y operación de las zonas amarillas.

5.1 INVENTARIO DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS

El inventario de rutas consiste en la recopilación, organización y registro detallado de los parámetros básicos de caracterización y condiciones del servicio ofrecido en cada una de las rutas que la autoridad competente ha aprobado a las empresas de transporte. Así mismo, el inventario de rutas comprende la recopilación de datos sobre la infraestructura de apoyo para el transporte público, como paraderos, señalización informativa y terminales, información que se obtiene mediante los formatos que se muestran en los estudios de inventario vial. Vale la pena destacar que la información aquí recopilada debe complementarse con los datos del inventario vial y de dispositivos para el control del tránsito.

La importancia de este estudio radica en que, en muchas ciudades, los organismos de gestión del tránsito y transporte no cuentan con un inventario de rutas actualizado y ordenado, que permita una consulta fácil de los principales parámetros de los servicios autorizados y de las infraestructuras de apoyo para el servicio. Normalmente, en caso de consultas se tiene que recurrir a las autorizaciones legales de las rutas establecidas en las resoluciones jurídicas, donde la información básica necesaria para el análisis y evaluación de la ruta no es expedita o no comprende todos los parámetros de caracterización de las mismas (por ejemplo, los datos de la infraestructura de apoyo al transporte público, el cual se diligencia en el manual para estudios de inventario vial). Igualmente, los estándares de presentación utilizados en las autorizaciones no

tienen un formato adecuado y varían de ciudad a ciudad.

El estudio de inventario de rutas es importante, ya que contar con la información básica actualizada del sistema existente es de gran ayuda en las actividades de administración y gestión del mismo. Al realizar el estudio del inventario de rutas de transporte público se pueden presentar dos situaciones:

- ♦ Primero, que exista información básica en las respectivas autorizaciones de todas las rutas vigentes. En este caso, se inicia el diligenciamiento del formato en la oficina y la información faltante se complementa con entrevistas a los operadores. La información básica del inventario de las rutas en oficina corresponde a la definición del servicio y viene especificada en las respectivas resoluciones de autorización del organismo de gestión.
- ♦ Segundo, que las autoridades no conozcan con certeza la totalidad de rutas existentes o que están realmente en operación. En este caso, surge la necesidad de una actividad previa que consiste en el levantamiento en campo de las rutas que están prestando el servicio, para después seguir el proceso normal de estandarización de la información como en la primera situación. La actividad de verificación de rutas que realmente están prestando el servicio forma parte, además, de las actividades de supervisión y fiscalización del servicio existente por las autoridades. A este respecto cabe recordar que, periódicamente, las autoridades están en la obligación de verificar la prestación de los servicios autorizados, así como de detectar servicios irregulares (“piratas”) que suelen existir en algunas zonas de la ciudad.

Es necesario que antes de realizar la toma de información se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ♦ La información recolectada en este estudio es un complemento importante para la iniciación de cualquiera de los estudios sobre rutas de transporte público, ya que permite agilizar la planeación de las labores de campo.
- ♦ En el momento de desarrollar el formato de oficina a la empresa transportadora, es importante saber con anticipación quién es la persona encargada de manejar la información requerida, para evitar pérdida de tiempo, tanto del encuestador como de los funcionarios, y poder desarrollar la actividad en el menor número posible de visitas. Vale la pena destacar que la mayor parte de esta información está contenida en las resoluciones con las que la Secretaría de Tránsito y Transporte autoriza la prestación del servicio en determinada ruta.
- ♦ Por tratarse de una labor que implica relación directa con personas, se recomienda prestar mayor atención al entrenamiento de los aforadores en el trato con el encuestado.

5.1.1 Planeación

Se presentan dos casos en particular para el inventario de rutas y que se deben tener en cuenta para la planeación:

- ♦ El primero es cuando existen resoluciones o expedientes legales para todas las rutas autorizadas y que están en servicio. Se inicia con el diligenciamiento del formato de recolección de datos, y en caso de faltar información, se complementa mediante encuesta directa a los representantes de las empresas o rutas, quienes

apoyados con la documentación respectiva o conocimiento del servicio que prestan, ayudan al diligenciamiento del mismo. Para algunos datos del formato se debe hacer el cotejo con la información de las resoluciones de autorización.

- ♦ El segundo caso es cuando no existe la certeza del servicio existente o para fines de supervisión o fiscalización. Se inicia con la definición de los puntos donde se realiza el levantamiento de información general, según el formato de reconocimiento en campo. El reconocimiento en campo se realiza durante todo el período de operación de las empresas prestadoras del servicio, obtenido de las resoluciones de autorización o consultando a los operadores.

El reconocimiento de rutas en campo podrá ser durante el período normal de servicio. La mejor ubicación para realizar el inventario de rutas corresponde a un paradero de transporte público sobre la vía que se está estudiando.

El estudio de inventario de rutas se realiza normalmente para todas las rutas del sistema existente, es decir, se debe registrar toda la población.

5.1.1.1 Logística

Personal y equipo

El personal requerido depende básicamente del número de empresas y número de rutas que se van a inventariar y de la facilidad para la obtención de la información. Para el trabajo de reconocimiento de rutas en campo es necesario definir los puntos de control, los cuales deben estar ubicados en los sitios donde se presente la mayor concentración de las rutas de transporte público.

Para el trabajo en oficina, cuando existen las resoluciones de autorización del servicio, se

requiere básicamente un equipo que consta de formatos, lápices y borradores. Para el reconocimiento de rutas en campo se necesita adicionalmente una tabla de apoyo.

Formato de campo

Para la ejecución de la toma de información se utilizan básicamente dos tipos de formatos, los cuales se muestran en las figuras 5.1 y 5.3. El primero se realiza a partir de la información disponible, sobre todo en las resoluciones de autorización del servicio o de datos de las empresas de transporte público; el segundo corresponde al formato de reconocimiento de campo.

Formato de recolección de datos

El inventario de rutas se realiza a partir de la información disponible, especialmente en las resoluciones de autorización del servicio o de datos de las empresas de transporte público. Si una ruta no cuenta con la documentación, se llena el formato con ayuda del personal del operador. En las figuras 5.1 y 5.2 se presentan los formatos de oficina para la recolección y registro de la información del inventario de rutas. Las instrucciones de diligenciamiento son las siguientes:

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
 - *Empresa.* Nombre de la empresa a la que pertenece la ruta.
- ♦ *Cómo llenar el cuerpo del formato*
 - *Nombre de ruta.* Identificación de la ruta y se llena previamente.
 - *Ruta N°.* Número de identificación de la ruta.
 - *Terminal de inicio.* Nombre y dirección de la terminal de inicio de la ruta.
 - *Terminal final.* Nombre y dirección de la terminal final de la ruta.
 - *Tipo de servicio.* Se indica el tipo de vehículo característico de la ruta (corriente, intermedio, ejecutivo o colectivo).
 - *Itinerario de ida.* Listado de calles por las que circulan los vehículos de la ruta en el sentido denominado de ida.
 - *Itinerario de regreso.* Se llena de manera similar al itinerario de ida.
 - *Puntos de referencia.* Se deben señalar los principales puntos de referencia del recorrido, normalmente indicados en la “leyenda” de la tabla de rutas, información de las rutas que llevan los buses en la parte delantera para facilidad del usuario.
 - *Longitud de ruta.* Longitud en kilómetros de la ruta, clasificada en longitud pavimentada y longitud sin pavimentar. Se indican además la longitud total de la ruta por sentido y la longitud de los recorridos muertos en caso de existir (se denomina recorrido muerto el tramo entre los garajes y terminales para iniciar un servicio).
 - *Horario de servicio.* Se deben indicar las horas de inicio y terminación del servicio para días hábiles (lunes a viernes) y para los fines de semana (sábado y domingo). Se recomienda utilizar la nomenclatura del horario de 24 horas, con el fin de establecer si es en el día o durante la noche el recorrido.

- **Intervalos típicos.** Se registran los intervalos de despacho típicos (en minutos) o característicos de la ruta en períodos pico, valle y nocturnos para días hábiles (lunes a viernes) y fines de semana (sábados y domingos).
- **Tiempo medio de ciclo.** Corresponde al tiempo promedio gastado en minutos en una vuelta completa (ida y regreso) por los vehículos de la ruta, en períodos pico, valle y nocturnos característicos de días hábiles y fines de semana.
- **Tarifa.** Se registra la tarifa en pesos por pasajero (\$/pas.) de la ruta para el día y la noche.
- **Flota.** Número de unidades de la ruta, clasificadas en unidades autorizadas

Figura 5.1.
Formato para el estudio de inventario de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros cuando existen las resoluciones de autorización.

ESTUDIOS DE INVENTARIO DE RUTAS DE BUSES												
Fecha: (D/M/A.)		Hora inicio:		Localización:		Hoja:						
Día:		Hora final:				De:						
Empresa: _____												
Funcionario: _____ Cargo: _____												
Nombre de la ruta:		Ruta N°		Tipo de servicio:								
Terminal de inicio:		Terminal final:										
Itinerario de ida:		Calle por donde circula					Puntos de referencia (leyenda)					
Itinerario de regreso		Calle por donde circula					Puntos de referencia (leyenda)					
Longitud de ruta (km)		Pavim.			Sin pav.			Total			Rec. muerto	
		Ida:			Regreso:							
Intervalos de despacho típicos (min):		Día hábil			Sábado			Domingo			Horario de Servicio	
		Período pico										
		Valle										
		Nocturno										
Tarifa (\$/pas)		Día			Noche			Flota autorizada		Flota en operación		
		Normal										
		Con descuento						Flota de reserva				
Tiempo medio de ciclo (min)		Día hábil			Sábado			Domingo			Fecha de autorización	
		Período pico										
		Valle										
		Nocturno										
Res. N°		Día			Mes			Año			LOGO DEL CONTRATISTA	
Observaciones: _____												
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE					NOMBRE DEL ESTUDIO					
NOMBRE:		NOMBRE:					LOGO DEL CONTRATISTA		NOMBRE DEL CONTRATISTA			
FIRMA:		FIRMA:										
CARGO:		CARGO:										
FECHA:		FECHA:										
ELABORÓ		REVISÓ										

Fuente:
Elaboración propia.

ESTUDIOS DE INVENTARIO DE RUTAS DE BUSES					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:	
Día:		Hora final:			Hoja De:
Empresa: _____					
Funcionario:		Cargo:			
CROQUIS DE LA RUTA Indique el norte					
Observaciones: _____					
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE			NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:		NOMBRE:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:		FIRMA:			
CARGO:		CARGO:			
FECHA:		FECHA:			
ELABORÓ		REVISÓ			

Figura 5.2.
Formato de
esquema
de la ruta
evaluada.

Fuente:
Elaboración
propia.

en la licencia de funcionamiento, unidades que normalmente están en operación y unidades de reserva para la prestación del servicio.

- **Fecha de autorización.** Registro del día, mes y año que fue autorizada para entrar en operación la ruta.

Adicionalmente, se debe realizar un croquis que corresponde a la ilustración esquemática del recorrido de la ruta, indicando la orientación y principales calles, lo cual sirve de guía para llenar los itinerarios de la ruta.

Formato de reconocimiento en campo

A continuación se presentan las instrucciones básicas para llenar el formato de campo para el inventario de rutas (figura 5.3).

- ♦ **Cómo llenar la sección de identificación**
 - **Fecha** (día, mes y año). Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - **Día.** Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.

- *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
- *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
- *Punto de observación.* Indicar la ubicación o dirección precisa del punto de observación (se puede además indicar un punto de referencia).
- *Barrio.* Indicar el barrio de ubicación del punto de observación.
- *Sentido.* Indicar el sentido de circulación de la vía donde se está realizando el estudio (periferia-centro o centro-periferia). Se recomienda usar un formato por sentido si la vía en estudio es de doble sentido de circulación.
- *Hora de inicio.* Indicar la hora y minutos de inicio del estudio.
- *Hora final.* Indicar la hora y minutos de terminación del estudio.
- *Hoja N°... de...* Se indica el número consecutivo de la hoja y el número total de hojas utilizadas en el estudio (valor que se llena al final del estudio).
- ♦ *Cómo llenar el cuerpo del formato de campo*
 - *Empresa.* Escribir la empresa a la que pertenece la ruta observada. Se escribe el nombre de la empresa tal como aparece en las unidades (generalmente al costado del vehículo).
 - *Ruta N°.* Se anota el número de la ruta que aparece en la tabla de información al usuario.
 - *Nombre.* Se escribe el nombre de la ruta indicado en la tabla de información al usuario o consultado a un conductor de una de las unidades de la ruta.
 - *Terminal de origen.* Escribir la terminal de origen o punto de inicio de la ruta en caso de no existir terminal en dicho extremo. Este dato puede consultarse a los conductores y corroborarse con usuarios presentes en el paradero.
 - *Terminal de destino.* Escribir la terminal de destino o punto final de la ruta en caso de no existir terminal en dicho extremo.
 - *Tipo de servicio.* Se indica, sólo con la primera letra del término en mayúscula, el tipo de servicio de la ruta (corriente, intermedio, ejecutivo o colectivo).
 - *Tipo de vehículo.* Se indica, sólo con la primera letra del término en mayúscula, el tipo de vehículo característico de la ruta (bus o colectivo).
 - *Leyenda.* Se anotan las leyendas de la tabla de información al usuario, correspondientes a los puntos de referencia del recorrido. La leyenda debe clasificarse por ida y regreso, según sea el sentido de estudio.
 - *Tarifa.* Se escribe la tarifa (\$/pas.) de día y noche que cobra la ruta, valor que aparece en las unidades o consultada con los usuarios y corroborada con algún conductor.
 - *Período de servicio.* Indicar la hora de inicio y de terminación de la ruta en formato de 24:00 horas. Este dato se consulta a los usuarios de la ruta esperando en el paradero y se corrobora con los conductores de la ruta.

En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

5.1.2 Ejecución

Inicialmente se debe hacer un trabajo de planeación y coordinación con la autoridad de tránsito y transporte y con las empresas de

[illegible]

Figura 5.3.
Formato de
reconocimiento
en campo.

transporte urbano de la ciudad, con el fin de: a) determinar el número de empresas y rutas de transporte público en la ciudad; b) conseguir copias de las licencias de funcionamiento y resoluciones de autorización de rutas; c) conseguir un mapa de la ciudad donde se puedan representar con claridad los itinerarios de las

diferentes rutas; d) si se va a hacer el reconocimiento de rutas en campo se debe conseguir la programación de la operación de las empresas y definir la ubicación de los puntos de control u observación, de tal manera que en cada uno de ellos haya la mayor concentración de rutas y se logre captar la totalidad de las rutas en servi-

En la hoja resumen N° 2 (figura 5.5), se pueden totalizar estadísticas para la caracterización inicial del sistema como las indicadas a continuación:

- ♦ Velocidad comercial en horas pico por ruta (Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos, EBTU, 1988, p. 49).

$$V_c = \frac{L}{TC} \quad 5.1$$

donde:

V_c = velocidad comercial en km/h.

L = longitud de la ruta (ida + regreso)
en km.

TC= tiempo de ciclo expresado en horas.

- ♦ Flota estimada de manera preliminar para la operación de las rutas

$$FO = \frac{TC}{I} \quad 5.2$$

donde:

FO = Flota operacional estimada expresada en vehículos.

TC = tiempo de ciclo expresado en minutos (se usa para la tabla resumen el TC del período pico).

I = intervalo de despacho expresado en minutos (se usa para la tabla resumen el intervalo del período pico).

El inventario de rutas permite la organización (conocimiento, clasificación y ordenamiento) de las características básicas de las rutas de transporte público. Se obtienen mediante este estudio los datos de itinerarios, longitudes y parámetros básicos de operación, los cuales deben verificarse con las documentaciones de las autoridades mediante la comparación con las resoluciones de autorización de las rutas otorgadas a las empresas.

La información tomada en el estudio de inventario de rutas permite hacer las siguientes verificaciones sobre las rutas y sistema en general, con fines de supervisión y de fiscalización del servicio:

- Diferencias entre flota autorizada y en operación.
- Diferencias entre rutas autorizadas y en operación.
- Diferencias entre horarios de servicio autorizados y realmente atendidos.

[illegible]

Figura 5.5.
Formato de
hoja
resumen
Nº 2.

Fuente:
Elaboración
propia.

Los datos condensados en este estudio de caracterización de las rutas son fundamentales en las actividades de administración, evaluación y gestión del transporte público. Otros estudios sobre el sistema de transporte público se diseñan y realizan a partir de la información del inventario de rutas, tales como intervalos de paso y ocupación vehicular, tiempos de recorrido y demoras, ascenso y descenso de pasajeros, entre otros.

5.2 VERIFICACIÓN DE ITINERARIO DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS

La verificación de itinerarios consiste en el levantamiento del itinerario de una ruta de transporte público mediante el registro de las vías por donde circula el vehículo que presta el servicio. La importancia del estudio radica en la necesidad de revisar los servicios autorizados por parte de las autoridades, que generalmente no cuentan con un inventario de rutas actualizado, ya que, por ejemplo, cambios de modificación de itinerarios no se actualizan en el banco de datos.

El estudio de verificación de itinerarios se utiliza ya que en varias ciudades de nuestro medio los prestadores del servicio hacen cambios en los itinerarios que no se reportan a las autoridades, o también porque se hacen modificaciones en los sentidos de las vías, por políticas de gestión del tránsito, por obras de reparación o mantenimiento que generan ajustes en los itinerarios que no se actualizan en las bases de datos respectivas.

A continuación se presentan unas recomendaciones de carácter general que se deberán tener en cuenta antes de realizar la toma de información.

- ♦ Es conveniente que la revisión periódica sobre el itinerario de una ruta determi-

nada se realice en forma discreta para detectar los conductores que habitualmente modifican el itinerario sin explicación justificada, dejando sin atención algunos puntos de la zona de influencia de dicha ruta.

- ♦ La eficiencia de las labores de campo depende en gran parte del conocimiento previo del itinerario autorizado a la ruta de estudio, ya que pueden establecerse puntos básicos de control que faciliten la toma de información.
- ♦ Si se detecta un cambio habitual de los conductores en la ruta original, se debe revisar si es necesario replantear el itinerario autorizado dadas las condiciones viales o de servicio, las cuales obligan al cambio no autorizado de la ruta estudiada.

5.2.1 Planeación

Para la verificación de itinerarios de rutas el estudio se realiza a las rutas seleccionadas y durante los días y horarios de interés. Por ejemplo, se puede hacer la verificación de itinerario con el fin de revisar el índice de desempeño de la red relacionado con la densidad de la red, con una periodicidad anual (Associação Nacional de Transportes Públicos, (ANTP, módulo 3). En muchos lugares se deja de prestar el servicio antes o se inicia más tarde del período normal establecido, así como se cambian los itinerarios sin ningún control, justificando la realización del estudio de verificación de itinerarios.

El estudio de verificación de itinerarios necesita seleccionar las rutas normalmente del banco de datos que registra las quejas de los usuarios en sectores desatendidos. La periodicidad de este tipo de estudio debe ser compatible con las variaciones en los itinerarios autorizados, observadas o reportadas por los usuarios. Cabe destacar que en el número de

recorridos por ruta para la verificación del itinerario se deben considerar los cambios y probabilidad de ocurrencia de los mismos.

En un sistema controlado, normalmente se seleccionan rutas por zonas y de manera aleatoria, hasta un porcentaje que está entre el 5 y 10% del total de rutas autorizadas o que prestan el servicio.

5.2.1.1 Logística

Personal y equipo

Normalmente se requiere una persona a bordo de cada bus para que registre el itinerario de la ruta que se va a estudiar. Para dimensionar el número de observadores para un estudio determinado, se toma en cuenta el tiempo de recorrido de las rutas obtenido del inventario de rutas respectivo.

El equipo de trabajo que se requiere para desarrollar el estudio consiste en formatos, planillera, lápices, borradores y reloj.

Formato de campo

En la figura 5.6 se presenta el formato de campo que se utiliza para la verificación de itinerarios. La manera de llenarlo se describe a continuación.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación.*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
 - *Ruta.* Identificación de la ruta mediante el número respectivo. Se llena previamente.

- *Empresa.* Nombre de la empresa a la que pertenece la ruta.
- *Terminal de origen.* Nombre de la terminal donde inicia la ruta.
- *Hora de salida.* Escribir la hora y minutos en que se inicia el recorrido.
- *Terminal de destino.* Nombre de la terminal donde termina la ruta.
- *Hora de llegada.* Escribir la hora y minutos cuando termina el recorrido.
- *Tipo de vehículo.* Consignar el tipo de vehículo que sirve la ruta estudiada.

En el formato se incluyen dos secciones de identificación, con el propósito de consignar en uno solo los itinerarios de ida y regreso de una ruta cualquiera. En el caso de no ser suficiente el espacio de alguna de las dos secciones, se puede emplear la otra y diligenciar en un formato aparte el itinerario del recorrido en sentido contrario.

- ♦ *Cómo llenar el cuerpo del formato*
 - *Vías por donde circula.* La primera información que hay que consignar corresponde a la dirección de la terminal de inicio del recorrido. Seguidamente, y separado por comas, se anotará el nombre de las vías por donde el vehículo está transitando; la última anotación contendrá la dirección de la terminal de finalización del recorrido. Si se desea, se podrán anotar los nombres o identificaciones más conocidas de sitios claves que se encuentren dentro de la ruta cubierta por el vehículo.

En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

Figura 5.6.
Formato de campo para el estudio de verificación de itinerarios de rutas de transporte público colectivo urbano de pasajeros.

[illegible]

Fuente:
*Elaboración
propia.*

5.2.2 Ejecución

Se debe hacer un trabajo de planeación que permita: a) definir y seleccionar las rutas que hay que verificar; b) tener una estimación de los tiempos promedios de recorrido de cada ruta, c) conocer el inventario de rutas con las resoluciones de autorización de ruta y el plan de rodamiento de las empresas; d) definir el personal necesario, capacitarlo para la recolección de la información y asignarle las tareas, e indicarles las responsabilidades y compromisos.

El aforador debe presentarse con anticipación al terminal de origen de la ruta, con los elementos y equipos necesarios, con el fin de identificar el bus, abordarlo y ubicarse en la posición estratégica que le permita tener la mayor visibilidad de los sitios y placas de direcciones por donde circule el vehículo. Para no alterar el comportamiento normal de los conductores, el aforador debe realizar esta labor de la manera más discreta posible.

Una vez que se inicie el recorrido, el observador va anotando en el formato de campo los nombres de las vías por donde circula el vehículo. Se debe utilizar letra bien legible y colocar las observaciones que considere pertinentes para la mejor utilización de la información recolectada.

Para confirmar el recorrido de la ruta, otra persona debe ejecutar el estudio en otra unidad de la misma ruta.

Después que llegue al terminal de destino, debe verificar que el formato de campo esté completamente diligenciado, firmarlo, archivarlo o entregarlo al supervisor. Luego se apresta a iniciar un nuevo recorrido, de acuerdo con la programación de actividades definida.

Como método alternativo y dependiendo del banco de datos que se tiene del sistema de rutas, se puede llevar el mapa del itinerario que sirve de guía para su verificación.

Aunque la caracterización del itinerario de la ruta comprende la determinación de la

longitud de los tramos, el método sólo comprende el registro de las vías utilizadas. Las distancias de tramos deben obtenerse de cartografía existente o con ayuda de herramientas de computador (por ejemplo, sistemas de información geográfica). No se considera práctico que los aforadores tomen lecturas del odómetro (muchas veces deshabilitados) en los buses y más bien en caso necesario se recomienda mejor obtener de estos datos con un vehículo particular.

5.2.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

La información recolectada sobre el itinerario de una ruta básicamente no necesita procesamiento alguno. En la primera columna del formato se indica la vía de circulación del vehículo y en la segunda columna la vía donde se efectuó el movimiento anotado en la tercera columna.

Para el análisis de la información obtenida se consideran los siguientes pasos:

Cotejar los datos del formato del estudio de verificación de itinerarios y los datos del itinerario del inventario de rutas. El proceso consiste en seguir los nombres de las vías del itinerario de las dos fuentes.

Los datos del estudio de verificación de itinerarios se presentan en un cuadro resumen (figura 5.7). En este formato se representa un croquis de la ruta levantada y los nombres de las calles del itinerario. Se recomienda, además, indicar los principales puntos de referencia del itinerario.

Posteriormente, y a partir del cuadro resumen, se debe realizar la codificación del recorrido, definiendo los tramos y paraderos de la ruta. La determinación de la longitud de los tramos del itinerario se obtiene de un plano a escala o mediante recorridos con un vehículo directamente en campo.

Figura 5.7.

Formato

resumen para

el estudio de

verificación

de itinerarios

de rutas de

transporte

blico colectivo

urbano de

pasajeros.

HOJA RESUMEN N° 1 VERIFICACIÓN DE ITINERARIOS DE RUTAS DE BUSES

Fecha: (D/M/A)

Hora inicio:

Localización:

Hoja:

Día:

Hora final:

LOCALIZATION.

De:

ESPACIO PARA CROQUIS DE LA RUTA



Empresa:

Ruta:

Calles por donde circula

Ida

Regreso

Regreso

Observaciones:

LOGO
CONTRATANTE

NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE

NOMBRE DEL ESTUDIO

NOMBRE:

FIRMA:

CARGO:

FECHA:

NOMBRE:

FIRMA:

CARGO:	
--------	--

FECHA:

LOGO DEL CONTRATISTA

NOMBRE DEL CONTRATISTA

ELABORÓ

REVISÓ

El itinerario de la ruta se usa en otros estudios de transporte público, tales como los estudios de ascenso y descenso de pasajeros, los de velocidad y tiempos de recorrido y los de intervalos de paso y ocupación vehicular.

En los últimos años, tanto los datos del inventario de rutas como la verificación de itinerarios se representan con ayuda de los sistemas de información geográficos (SIG).

Los resultados de la verificación de itinerarios como base del levantamiento de información del sistema existente permiten la representación esquemática de la ruta y el listado de las calles de circulación y principales puntos de referencia del recorrido. Con los datos del inventario de rutas complementados y validados con el estudio de verificación de itinerarios se puede realizar la actividad de clasificación de las rutas y de la red del área de estudio.

A partir de los resultados de la verificación de itinerarios de las rutas se puede hacer la clasificación de las mismas según su localización. La Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (EBTU, 1988, Manual 3, página 15) presenta la siguiente clasificación.

- ♦ Ruta radial.
- ♦ Ruta diametral.
- ♦ Ruta local.
- ♦ Ruta perimetral.

Con apoyo de los itinerarios debidamente representados en forma esquemática o en un plano de la ciudad, se puede clasificar la estructura física de la red de transporte público del área de estudio. Molineros (1996, p. 215) recomienda hacer la siguiente clasificación según la configuración de la red:

- ♦ Red ortogonal.
- ♦ Red radial.
- ♦ Red con transferencias coordinadas.

- ♦ Red flexible.
- ♦ Red irregular.

El principal resultado de este estudio corresponde a la obtención del itinerario real de las rutas del sistema existente, identificando ubicación de terminales y paraderos. Esto permite además verificar el cumplimiento del itinerario autorizado por parte de la empresa que presta el servicio.

El cumplimiento del itinerario se obtiene de la comparación entre el mapa de la ruta autorizada en la resolución respectiva de la autoridad (inventario de rutas) y el mapa de la ruta levantado en el estudio de verificación de itinerarios. Las variaciones observadas se pueden transformar a listado de calles y longitudes de desviación respectivas.

El caso de las desviaciones en los itinerarios es una práctica frecuente de los conductores, especialmente en zonas o períodos de tránsito conflictivo, razón por la que es muy importante la verificación de itinerarios en las rutas del sistema de transporte público para evaluar el impacto de tales comportamientos.

5.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN EN TERMINALES Y CIERRES DE CIRCUITO EN RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Las mediciones en terminales y cierres de circuito de las rutas de transporte público consisten básicamente en apuntar los horarios de llegada y de salida de los buses, así como las lecturas de las registradoras de ascensos en cada extremo de la ruta, en el momento de iniciar y terminar un viaje.

A partir de la información obtenida con este estudio se pueden determinar los pasajeros movilizados y los flujos de pasajeros por vehículo y en la ruta para un período de servi-

cio específico. Así mismo, se pueden obtener otras estadísticas como número de despachos, intervalos entre despachos, tiempos de viaje y tiempos en terminal, entre otros.

El estudio de mediciones en terminales y cierres de circuito suministra información sobre el servicio ofrecido y la demanda atendida, de gran importancia en el análisis y la evaluación del desempeño del sistema de transporte público.

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ♦ Como el principal objetivo de este estudio es realizar una revisión de los intervalos de despacho y tiempos en terminal de los vehículos de una ruta determinada, es muy importante que se realice de manera tal que ni los conductores ni los despachadores noten la presencia de los aforadores para no alterar el comportamiento normal de éstos.
- ♦ El realizar esta actividad con alguna periodicidad permite justificar el aumento o la reducción de la flota autorizada o en funcionamiento.

5.3.1 Planeación

El estudio se hace directamente en los terminales o cierres de circuito de las rutas de transporte público. Por las características del estudio, en el que se les debe dar seguimiento a cada vehículo y a la ruta, éste ha de realizarse durante todo el período de servicio. La medición de parámetros de operación con este estudio normalmente se requiere para días hábiles y fines de semana, representativos del año.

El estudio se realiza a todos los despachos de una ruta durante el período de prestación del servicio (tal como se ha expresado antes, en este estudio se les hace seguimiento a cada vehículo y viaje realizados en la ruta). Los registros de datos para una ruta deben llevarse a

cabo en todos los terminales de la misma de modo simultáneo.

Para fines de revisión de la programación de la operación de una ruta, los estudios de terminales y cierres de circuito deben tener una periodicidad máxima de un año, justificado en las variaciones naturales de la demanda.

5.3.1.1 Logística

Personal y equipo

Para el estudio de medición de parámetros de operación en terminales y cierres de circuito de ruta, en cada terminal se necesita un aforador.

El equipo de trabajo que se requiere para desarrollar el estudio consiste en formatos, planillera, lápices, borradores y reloj o cronómetro.

Formato de campo

En la figura 5.8 se presenta el formato de campo utilizado para el estudio de mediciones de parámetros de operación en terminales y cierres de circuito. Las instrucciones básicas de llenado se dan a continuación:

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación del formato de campo*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Según convenciones adoptadas para el estudio. Se recomienda adoptar un extremo de la ruta como “punto A” y el otro extremo como “punto B”. De este modo, el sentido puede ser AB o BA.
 - *Ruta N°.* Anotar el número o código de la ruta en estudio.

- *Nombre de ruta.* Identificación de la ruta y se llena previamente.
 - *Hora inicio.* Escribir la hora y minutos en que se inician las mediciones.
 - *Hora final.* Escribir la hora y minutos en que se terminan las mediciones.
 - *Empresa.* Nombre de la empresa a la que pertenece la ruta.
 - *Terminal de observación.* Nombre de la terminal donde se realiza el estudio.
- ♦ *Cómo llenar el cuerpo del formato*
- *Orden de viaje.* Número correspondiente a la cartulina de despacho dada al conductor en el momento de partir del terminal.
 - *Tipo de vehículo.* Indicar si el vehículo que sale o llega es bus (B), buseta (BT) o microbús (M).
 - *Número de vehículo.* Corresponde al número de identificación del vehículo o número de orden asignado por la empresa.
 - *Hora de llegada.* Anotar la hora, minutos y segundos en que el vehículo llega a la terminal.
 - *Hora de salida.* Anotar la hora, minutos y segundos en que el vehículo recibe la orden de salida de la terminal.
 - *Lectura registradora.* Anotar la lectura de la registradora de ascensos. Si en la terminal se dan ascensos, la lectura debe corresponder al instante en que los pasajeros aún no han comenzado a abordar.

En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

En ciudades donde se controlan los ascensos mediante boletos entregados a los usuarios, diferenciando tarifas normales y con descuentos a estudiantes y ancianos, se deben insertar columnas para el número de los boletos (similar a la registradora) normales y con descuento. En ciudades donde los vehículos de transporte público no tienen registradoras de pasajeros o éstas se encuentran dañadas, el estudio se hace alternativamente mediante consulta a los conductores sobre el número de pasajeros movilizados en cada viaje, anotándolos en la casilla correspondiente a la lectura de la registradora.

5.3.2 Ejecución

Para el estudio se debe hacer un trabajo de planeación que comprende a) identificar del inventario las características de localización y operación de la ruta; b) definir el personal necesario, capacitarlo para la recolección de la información, asignarle las tareas y el turno correspondientes, e indicarles las responsabilidades y compromisos. Antes de iniciar la jornada se deben llenar los datos generales de los formatos de campo.

El aforador debe presentarse con anticipación en el terminal asignado, con los elementos y equipos necesarios. Debe identificarse y solicitar apoyo del despachador de las empresas de transporte.

Una vez que comience la prestación del servicio en la ruta a estudiar, el aforador inicia el registro de los datos solicitados en el formato para todos los vehículos que salen en la ruta. Se debe utilizar letra bien legible y anotar las observaciones que considere pertinentes para la mejor utilización de la información recolectada.

Los supervisores deben revisar que los formatos de campo se hayan diligenciado correctamente, lo que incluye encabezados y demás columnas. Cualquier inconsistencia se debe corregir inmediatamente. Se recomien-

da cotejar la información de los formatos de campo con las planillas únicas de despacho de las empresas.

5.3.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

A pesar de requerirse el registro simultáneo de los datos en terminales y cierres de circuito, el procesamiento y la generación de resultados se hacen por sentido de viajes o punto de observación.

Los datos del estudio de mediciones en terminales y cierres de circuito necesitan, para obtener resultados de demanda, el confrontado entre los formatos de campo diligenciados en las dos terminales de ruta. Para un vehículo registrado en el sitio de análisis se debe buscar la hora de llegada y lectura de registradora de la otra terminal.

Otros datos, como tiempos de terminal e intervalos de despachos, pueden obtenerse directamente del formato de registro del punto de observación analizado.

En cuanto a los resultados de demanda más comunes a determinar con el estudio de mediciones en terminales y cierres de circuito, están:

- Demanda media de viaje

$$\overline{PV} = \frac{\sum_{i=1}^n PV_i}{n} \quad 5.3$$

donde:

$\overline{PV}$ = volumen medio de pasajeros en el período.

PV_i = volumen de pasajeros en el viaje i .

n = número de viajes en el período.

- Demanda media horaria

$$\overline{VH} = \frac{\sum_{i=1}^n PV_i}{H} \quad 5.4$$

donde:

$\overline{VH}$ = volumen medio de pasajeros por hora.

PV_i = volumen de pasajeros en el viaje i .

H = intervalo de tiempo del período en estudio expresado en horas.

n = número de viajes en el período.

- Flujo medio de pasajeros

$$\phi_i = \frac{PV_i}{I_i} \quad 5.5$$

donde:

ϕ_i = flujo de pasajeros en el viaje i .

PV_i = volumen de pasajeros en el viaje i .

I_i = intervalo de tiempo entre viajes sucesivos.

Una hoja resumen como la presentada en la figura 5.9 ayuda en la determinación de los parámetros de tiempos y demanda de las rutas, obtenidos con el estudio en terminales.

Los resultados de demanda media de viaje, demanda media horaria y flujo medio de pasajeros son parámetros de caracterización de períodos y movilización de usuarios de la ruta. Los tiempos de viaje, tiempos en terminal e intervalos complementan la información para los análisis de desempeño y aprovechamiento de la flota.

5.4 TIEMPOS DE RECORRIDO Y DEMORAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

La eficiencia de un sistema de transporte público está determinada por la velocidad de recorrido o la velocidad de marcha, los factores de carga y el cumplimiento del horario. Estas medidas de desempeño permiten evaluar los cambios en un sistema (incorporación de

Fuente:
*Elaboración
propia.*



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría
TRANSITO Y TRANSPORTE

nuevas rutas, cambios a un solo sentido de circulación, eliminación de estacionamientos, entre otros) y hacer los análisis estadísticos para los estudios de antes y después, con el fin de valorar los resultados obtenidos y calificar el nivel de servicio a lo largo de una ruta de transporte público. Los parámetros determinados en el estudio son también de interés fundamental para la planeación, programación o ajustes de la operación, pues permiten adoptar medidas de seguridad y mejorar la calidad del servicio, buscando alternativas para la reducción o eliminación de las demoras. Desde el punto de vista de la empresa, los tiempos de recorrido son un indicativo de la magnitud de los costos de operación requeridos para servir una ruta y el insumo necesario para realizar mejoras al sistema de transporte público.

Los tiempos de recorrido se ven afectados por el volumen de tránsito existente, el intercambio de viajes o la rotación de demanda en la ruta, y la prolongación deliberada en la

parada del bus por parte del conductor con el propósito de captar o esperar un mayor número de pasajeros. Es importante que la empresa preste atención a estas variaciones de tiempo y tome las medidas necesarias con el fin de optimizar la programación de la operación y lograr la máxima eficiencia posible.

Las demoras en transporte público se producen cuando ocurre la detención o parada momentánea del vehículo o cuando se reduce la velocidad a valores menores o iguales a la velocidad de caminata peatonal (4 a 5 km/h) por causas inherentes al tránsito, la vía o los usuarios. Las causas más comunes que ocasionan las demoras o reducciones de velocidad y la codificación correspondiente se presentan en la tabla 5.1. La codificación propuesta es simplemente una clave nemotécnica conformada por las iniciales de la descripción de la demora, lo cual facilita la memorización y aplicación en el registro de las observaciones en los formatos de campo.

Tipos de demoras o reducción de velocidad (*)	Código
Ascenso/descenso de pasajeros	ADP
Congestionamiento	CO
Entrada y salida de vehículos de garajes o parqueaderos	ESV
Falla mecánica	FM
Movimiento de vuelta en U, giro derecho, giro izquierdo	GU, GD, GI
Peatones cruzando u obstruyendo	PE
Permanencia en paradero intermedio	PPI
Semáforo en rojo	SR
Señal de pare	SP
Tiempo perdido intencional	TPI
Resaltos o resonadores	RE
Bus estacionado o detenido por ascenso - descenso de pasajeros de otro bus	BE
Huelgas o manifestaciones públicas	MP
Cruce de ferrocarril	CF
Pavimento en mal estado	PM
Vía en afirmado o empedrado	VA
Intersección regulada por agente de tránsito	AT

Nota: (*) Cuando el tipo de la demora solamente ocasiona reducción de la velocidad y se quiere discriminar este efecto, se puede colocar el signo menos (-) a la derecha del código respectivo. Ejemplo: CO-, para demora por congestión cuando el vehículo circula a menos de 4 km/h.

Tabla 5.1.
Codificación
de tipos de
demoras o
reducción
de velocidad.

Fuente:
Adaptación de Box
y Oppenlander
(1976, p. 175) y
Ángel Molinero
(1996, p. 371).

Antes de realizar la toma de información en campo se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ♦ Para garantizar que el estudio se realice en condiciones normales en cuanto al comportamiento de los conductores, es muy importante que los aforadores desarrollen su labor de la manera más discreta posible, con respecto al conductor.
- ♦ En este estudio se brindan elementos suficientes para mantener un control constante sobre las condiciones de operación de una ruta o de un corredor.
- ♦ El coordinador del estudio deberá realizar un recorrido previo a las actividades de campo, en el que determine los puntos de control que empleará en el desarrollo del ejercicio; igualmente, estimará el tiempo de recorrido empleado en la ruta que se va a estudiar con el propósito de establecer los parámetros mínimos en la programación del ejercicio.
- ♦ El observador encargado de tomar la información debe tener claros los diferentes códigos establecidos para las causas de las demoras y estar en capacidad de priorizar estas causas en el momento en que se presenten dos o más de manera simultánea. En el caso de que el vehículo de transporte público se encuentre detenido por un semáforo en rojo y aproveche esta situación para dejar o recoger pasajeros, no implica que la causa de la demora sea esta última, sino que es por acción del semáforo; si en el momento en que el semáforo da la indicación de seguir el conductor del vehículo continúa sirviendo a los pasajeros, la demora se ocasiona por este motivo y no por el semáforo. En cualquiera de los dos casos siempre se registrará una sola causa para la demora y no las dos.
- ♦ Los registros del tiempo siempre serán acumulativos desde el momento en que el vehículo sale del terminal de origen. El anotador deberá conocer el funcionamiento del cronómetro que se le proporcione con el fin de poder consultar la información pertinente, sin llegar a borrarla; si esto llegara a suceder, puede apoyarse en el cronómetro de respaldo que se sugiere llevar y el cual se debe accionar al momento de iniciar la toma de datos.
- ♦ Es conveniente que exista en las empresas y en las autoridades competentes la iniciativa de crear un banco de datos que permita mejorar el servicio prestado y las condiciones de circulación de cada zona.

5.4.1 Planeación

Se debe seleccionar un tamaño de muestra para cada recorrido de la ruta y para cada condición que se requiera estudiar, de acuerdo con el objetivo buscado. Normalmente se deben hacer varios recorridos al día.

Se recomienda que el estudio se realice durante una semana representativa, que no coincida ni con períodos de vacaciones ni con la semana santa. En caso de presentarse situaciones anormales, congestiones en algunas rutas o períodos críticos, cambios en la longitud de la ruta o variación en un tramo específico o en el tipo de vehículo, se hace necesario programar aforos adicionales para analizar esas condiciones.

Box y Oppenlander (1986, p. 174) recomiendan iniciar el estudio de tiempos de recorrido con una muestra piloto y calcular el primer grupo de velocidades de marcha, ya que éste es un valor más estable. Se listan las velocidades obtenidas y se calculan los valores absolutos de las diferencias entre cada dos velo-

ciudades consecutivas; obviamente, si se tomaron n velocidades resultan $(n-1)$ diferencias. Se promedian estas diferencias para obtener el valor del rango promedio en la velocidad de marcha. La expresión es la siguiente:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \Delta V_i}{n-1}$$

Rango promedio de velocidad de marcha (km/h)	Número mínimo de recorridos				
	Error permitido por especificación				
	±2,0	±3,5	±5,0	±6,5,0	±8,0
5,0	4	3	2	2	2
10,0	8	4	3	3	2
15,0	14	7	5	3	3
19,0	21	9	6	5	4
25,0	28	13	8	6	5
30,0	38	16	10	7	6

donde:

R = rango promedio de la velocidad de marcha (km/hora).

$\Delta V_i = |V_{i+1} - V_i|$ diferencia en valor absoluto en las velocidades de marcha.

n = número de recorridos de prueba realizados.

Tabla 5.2.

Requisitos para el tamaño mínimo aproximado de la muestra para el estudio de velocidades y demoras en transporte público con un nivel de confiabilidad del 95%.

Fuente: Box y Oppenlander (1985). México, tabla 12.1, p. 174.

La Empresa Brasileira dos Transporte Urbano (EBTU, 1988, M4-19) recomienda que este estudio se haga semestralmente, durante la época de evaluación general de la operación del sistema. Para aumentar la precisión de los datos se deben efectuar mínimo tres mediciones por sentido, período típico y día de conteo, en la semana y mes escogido, que sea representativo de las condiciones medias.

5.4.1.1 Logística

Estos estudios se deben realizar a bordo del transporte público sobre las rutas existentes cuando se ha detectado una irregularidad o incrementos excesivos en los tiempos de recorrido, cuando se desea realizar una mejora en la operación, o donde se planea un nuevo servicio.

Los estudios se llevan a cabo durante los períodos de máxima demanda o donde se presentan condiciones de congestamiento.

También se pueden hacer aforos adicionales en períodos intermedios u horarios especiales para conocer el patrón de comportamiento de las velocidades y demoras en la ruta a lo largo del día. Normalmente las observaciones se hacen con buenas condiciones atmosféricas, a menos que se desee analizar condiciones atmosféricas adversas.

Box y Oppenlander (1976, p. 173) recomiendan que para que los resultados del estudio sean representativos se requiere que la ruta tenga una longitud mínima de 16 kilómetros y que se seleccionen los períodos de observación que reflejen las condiciones de máxima y mínima demanda. Estos períodos son propios de las condiciones específicas de cada ciudad.

Personal y equipo

Normalmente este estudio lo realiza un aforador que va a bordo del bus. Se requiere una tabla de apoyo o planillera, un lápiz y dos

cronómetros. Uno de ellos se utiliza para llevar el tiempo acumulado total o tiempo de recorrido y el otro para medir el tiempo de las diferentes demoras que ocurran durante el ejercicio. También se puede hacer la medición de los tiempos de recorrido y de las demoras con un solo cronómetro, registrando la hora de inicio, o parada, y la hora de finalización o arranque del bus, en cada uno de los sitios de control o donde se presenten las demoras. Así, en la etapa de reducción de datos se necesita calcular la duración de cada una de las demoras por diferencia de tiempos.

Molinero (1996, p. 377) recomienda contar con tres aforadores por ruta, dos de ellos cubriendo los turnos de la mañana y el tercero cubriendo las horas picos.

Formato de campo

En la figura 5.10 se presenta el modelo de formato de campo recomendado para la toma de información.

En el encabezamiento lleva el nombre del proyecto, el nombre del estudio y la razón social tanto de la entidad contratante (Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá) como de la firma contratista que realiza el trabajo.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
 - *Ruta N°.* Se anota el número o código asignado oficialmente a la ruta que se va a estudiar.

- *N° interno vehículo.* Identificación del bus en el cual se va a realizar el recorrido de la ruta y corresponde al número de orden asignado por la empresa a la cual pertenece.
- *N° despacho.* Se registra el número de la planilla de despacho que autoriza la salida del bus del terminal. Esta información puede consultarse solamente si el despachador del terminal está enterado de la ejecución del estudio.
- *Hora inicio.* Registrar la hora y minutos, en formato militar (0-24h), del momento en que se comienza a hacer el recorrido de la ruta. Ejemplo: 8:00, para las ocho de la mañana; 17:30, para las 5:30 de la tarde.
- *Hora final.* Se debe anotar la hora en formato militar, una vez que finalice el viaje al llegar al terminal de destino de la ruta.
- *Empresa.* Se anota el nombre de la empresa a la cual pertenezca o esté afiliado el bus.
- *Terminal de salida.* Nombre o identificación del terminal de origen del viaje.
- *Tipo de vehículo.* Colectivo, buseta, bus corriente, bus ejecutivo.
- *Hoja: __ de: __.* En el primer espacio se anota la numeración secuencial de las hojas o formatos diligenciados. El segundo campo es el número total de hojas utilizadas y se llena una vez que se termine el recorrido de la ruta.

- ♦ *Cómo llenar el cuerpo del formato*
En el cuerpo del formato se debe registrar el tiempo acumulado u hora de paso por los puntos de control previamente definidos en el itinerario, los tiempos, inicial y final, y causas de las demoras oca-

[illegible]

Figura 5.10. Formato de campo para el estudio de tiempos de recorrido y demoras.

Fuente:
Elaboración propia.

sionadas por detenciones o reducciones de velocidad durante el recorrido, de la siguiente manera:

- *Vía recorrida.* Se registra la calle o carrera con la identificación y nombre o número correspondiente. Por ejemplo: Carrera 15, Avenida Boyacá, entre otros.
- *Cruce con vía transversal.* Se registra el nombre o número de identificación de la vía transversal a la vía recorrida y que define el punto de control.
- *Tiempo acumulado de demora*
 - *Inicio.* Anotar la hora o tiempo leído en el cronometro cuando se inicia una detención del vehículo o una disminución de la velocidad por debajo de la velocidad de caminata < 5 km/h).
 - *Final.* Anotar la hora o el tiempo en el instante en que el vehículo inicia la marcha, después de cesar la causa de la demora.
- *Tiempo total acumulado.* Registrar la hora o el tiempo de paso por los puntos de control previamente definidos
- *Causa de la demora.* Se anota el código correspondiente a la causa de la demora, según la simbología dada en la parte inferior del cuerpo del formato o en la figura 5.10.
- En el pie del formato se registran las observaciones o aclaraciones que se consideren relevantes y que puedan servir de explicación a situaciones anormales o de justificación de los datos recolectados. Los formatos deben llevar la firma del supervisor y del aforador.

En la parte final se registran el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

5.4.2 Ejecución

Se debe efectuar un trabajo de planeación que permita: a) conocer los tiempos estimados de recorrido en las rutas a estudiar, con el fin de precisar el personal de aforadores; b) seleccionar los viajes de acuerdo con el tamaño de la muestra, que realmente sean representativos de las condiciones medias de operación de la ruta. Para ello, se requiere revisar con anticipación las estadísticas de la empresa, las hojas de despacho o el plan de rodamiento, donde se conocen las salidas y llegadas de los buses a las terminales; c) conocer la red de transporte, ubicar el itinerario en un mapa de la ciudad, identificar y ubicar allí los puntos de control seleccionados. Los puntos de control se ubican preferiblemente en el tramo o sección de máxima demanda o en aquellos sitios donde sea relevante la adherencia estricta a los tiempos de llegada de acuerdo con la programación de la operación, en los sitios de transbordo o de mayor generación o atracción de viajes, y deben estar espaciados de tal manera que se encuentren cercanos a un promedio de cinco (5) minutos en tiempos de recorrido; d) medir, en un plano de la ciudad a escala, las distancias entre puntos de control seleccionados y la longitud total de la ruta. Estas distancias se pueden determinar también por medición directa, o utilizando el odómetro de un vehículo.

Realizar las labores de entrenamiento del personal de observadores orientadas a la familiarización e identificación de los diferentes tipos de demoras y a la utilización correcta de la codificación o clave respectiva, según la clasificación dada en la figura 5.10.

El observador debe llegar a la terminal de inicio con anticipación y con los elementos y

equipos necesarios, para identificar el bus y diligenciar la información de la zona de identificación del formato de campo. Es recomendable que el aforador pase inadvertido por el despachador y el conductor, esto es, como un pasajero más. Esta condición garantiza la toma de información con mayor representatividad de la situación real. Si el conductor se percata de la realización del estudio, procura ajustarse al itinerario oficial y el despachador de la empresa a los intervalos de despacho autorizados.

El observador debe ubicarse estratégicamente dentro del bus. Por lo general ocupa un asiento en la parte delantera derecha del bus, de tal manera que tenga buena visibilidad de la ubicación del punto de observación y la identificación del tipo de demora. En los períodos de máxima demanda, es preferible ubicarse detrás del conductor.

Tan pronto se inicia el recorrido, el observador registra la hora y pone a funcionar el cronómetro con el cual se va a medir el tiempo total de recorrido desde el punto de origen hasta el punto de destino de la ruta. De modo simultáneo acciona el cronómetro de respaldo, el cual le permitirá continuar con el ejercicio en caso de que el primero falle o se reinicie involuntariamente.

Cuando el bus pase por los puntos de control definidos previamente, se debe hacer la lectura y registrarla en el formato de campo.

En el instante en que el bus se detenga o reduzca significativamente su velocidad a valores iguales o inferiores a la velocidad de caminata, ocasionando demoras, el observador debe identificar el punto y registrar la hora de inicio o parada, y la hora de finalización o arranque del bus, donde se presenten las demoras. Así, en la etapa de reducción de datos hay que calcular la duración de cada una de las demoras por diferencia de tiempos. Estos tiempos se registran junto con el tipo de demora, utilizando la convención o código respectivo.

En el registro de la información se debe utilizar letra legible y colocar cualquier información adicional que permita la mejor interpretación de la información recolectada, tal como los desvíos del itinerario autorizado, o causas diferentes de las previstas en el estudio.

Al llegar al final de la ruta el observador detiene el cronómetro y lee el tiempo total de recorrido, registrándolo en el formato de campo. Debe verificar que el formato esté completamente diligenciado, firmarlo, archivarlo o entregarlo al coordinador del estudio.

Repetir el recorrido en la ruta hasta obtener el tamaño mínimo de muestra requerido.

5.4.3 Procesamiento de la información

5.4.3.1 Determinación y revisión de tiempos de recorrido

Con los datos de los formatos de campo se calculan el tiempo total de recorrido y las demoras, tanto para cada tramo como para toda la ruta. Si se tiene la hora programada de paso por los diferentes puntos de control, según la programación de la operación, se puede calcular el desfase o grado de cumplimiento del horario. Si al tiempo total de recorrido se le resta el tiempo de paradas, se obtiene el tiempo total de marcha. En la tabla 5.3 se muestra un formato para el procesamiento de esta información.

Se recomienda la siguiente base para recopilar la información en medio magnético, la cual podrá servir para conformar un banco de datos de utilidad para la Secretaría de Tránsito y Transporte y para los consultores.

5.5 TIEMPO DE RECORRIDO POR EL MÉTODO DE LAS PLACAS

Este procedimiento consiste esencialmente en anotar el momento en que los vehículos de transporte público que recorren un

Tabla 5.3.
Formato de
cálculo y
revisión de
tiempos de
recorrido.

Fuente:
Elaboración
propia.

Sitio o punto de control	Hora programada	Hora observada de paso	Desfase (min)	Tiempo utilizado (min)	Nº ó duración paradas	Observaciones
Total						

Tabla 5.4.
Base de datos
para recopilar
información
de tiempos de
recorrido.

Fuente:
Elaboración
propia.

TURNO Especificar si es día o noche	FECHA Incluir la fecha de realización de los datos del estudio	CORREDOR Nombre del corredor en evaluación	SENTIDO Incluir el sentido de circulación evaluado	ROUTA Substitución de la ruta	EMPRESA Nombre de la empresa	HORA INICIO Hora inicio de recorrido	HORA FINAL Hora final del recorrido	PUNTO DE CONTROL Nombre de la vía identificada como punto de control
DEMORA Nombre de la vía donde ocurre la demora	TIEMPO DE PARADA INICIAL Tiempo en el que se inicia la demora	TIEMPO DE PARADA FINAL Tiempo en el que finaliza la demora	TIEMPO TOTAL Tiempo de paso por cada punto de control	CAUSA Motivo de la demora	OBSERVACIONES Observaciones de la toma de información			

tramo de vía pasan por dos o más puntos del tramo, identificándolos por su placa de matrícula. Luego se calcula el tiempo de recorrido entre los puntos de la vía, conociendo las distancias que los separan. Mide solamente tiempos de recorrido, no mide demoras. Su eficiencia depende en gran parte del número de vehículos que pasen por el tramo considerado, pues si el tránsito es intenso puede obtenerse una muestra aceptable en un tiempo relativamente corto y viceversa.

5.5.1 Planeación

Para que pueda medirse eficazmente el tiempo de recorrido entre dos puntos de una

vía por este método es preciso que gran parte de los vehículos que pasan por un punto pasen también por el otro. Si hay una intersección importante entre los puntos considerados que absorbe e inyecta un gran volumen de tránsito, es mejor hacer las mediciones antes o después de la intersección, o bien situar uno o más observadores adicionales junto a la intersección.

5.5.1.1 Formatos de campo

En la siguiente página se presenta la hoja de campo utilizada para realizar estudios de tiempo de recorrido por el método de las placas.

TIEMPO DE RECORRIDO (Método de la placas de matrícula)														
Fecha: (DMA):		Hora inicio:		Localización:				Hoja:		De:				
Día:		Hora final:												
Tramo:				Sentido:				Longitud:						
Nº	HORA	hh:mm:ss	TIPO VEHICULO	PLACA	Nº	HORA	hh:mm:ss	TIPO VEHICULO	PLACA	Nº	HORA	hh:mm:ss	TIPO VEHICULO	PLACA
1					41					81				
2					42					82				
3					43					83				
4					44					84				
5					45					85				
6					46					86				
7					47					87				
8					48					88				
9					49					89				
10					50					90				
11					51					91				
12					52					92				
13					53					93				
14					54					94				
15					55					95				
16					56					96				
17					57					97				
18					58					98				
19					59					99				
20					60					100				
21					61					101				
22					62					102				
23					63					103				
24					64					104				
25					65					105				
26					66					106				
27					67					107				
28					68					108				
29					69					109				
30					70					110				
31					71					111				
32					72					112				
33					73					113				
34					74					114				
35					75					115				
36					76					116				
37					77					117				
38					78					118				
39					79					119				
40					80					120				

TIPO DE VEHICULO: B - Bus BT - Busetta C - Colectivo T: Taxi

Observaciones:

LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE		NOMBRE DEL ESTUDIO	
Nombre:		Nombre:			
Logo:		Logo:			
Fecha:		Fecha:			
ELABORO		REVISÓ		NOMBRE DEL CONTRATISTA	

Figura 5.11.
Tiempos de recorrido -
Método de las placas.
Formato de campo.

Fuente:
Elaboración propia.

♦ *Como llenar la sección de identificación*

- *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
- *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
- *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
- *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
- *Hora inicio.* Registrar la hora y minutos, en formato militar (0-24h), del momento en que se comienza a hacer el recorrido de la ruta. Ejemplo: 8:00, para las ocho de la mañana, 17:30, para las 5:30 de la tarde.
- *Hora final.* Se debe anotar la hora en formato militar, una vez que finalice el viaje al llegar al terminal de destino de la ruta.
- *Hoja: __ de: __.* En el primer espacio se anota la numeración secuencial de las hojas o formatos diligenciados. El segundo campo es el número total de hojas utilizadas y se llena una vez que se termine el recorrido de la ruta.
- *Tramo.* Especificar el tramo en estudio.
- *Sentido.* Registrar el sentido de circulación que se está evaluando.
- *Longitud.* Especificar la distancia entre la cual se está realizando el aforo.

♦ *Cómo llenar el cuerpo del formato*

- *Hora.* Se registran la hora, minutos y segundos de paso del vehículo por el punto de observación.
- *Tipo de vehículo.* Se debe especificar el tipo de vehículo evaluado, por ejemplo bus, buseta, ejecutivo, entre otros.
- *Placa.* Se recomienda anotar la última letra y los tres números de la placa del vehículo.

En la parte final se registran el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se anotan los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

5.5.2 Ejecución

- Se selecciona el tramo o los tramos que se vayan a estudiar y se mide la longitud del tramo en evaluación. Se calcula en forma preliminar el número de vehículos que se debe observar.
- Se colocan dos personas en el extremo de cada tramo: un observador provisto de un cronómetro y un anotador con una hoja de campo y un tablero. Si el volumen de tránsito es menor de 100 buses/h, una persona en cada extremo del tramo es suficiente.
- Se sincronizan todos los cronómetros, y a partir de la hora convenida los observadores dictan a los anotadores, como información mínima, la última letra y los tres números de las placas de matrícula del transporte público en evaluación, así como las lecturas de los cronómetros en esos momentos. Si el volumen de tránsito es muy alto los vehículos que hay que registrar pueden limitarse a los que tengan matrículas que terminen en ciertas cifras (0, o bien 0 ó 5, entre otros.). Los números de las placas y las lecturas del cronómetro se escriben en la misma casilla de la hoja de campo, colocándolos, si es posible, en las columnas correspondientes a la primera cifra del número de la placa.
- Luego, en la oficina se halla la diferencia entre los momentos de observación correspondientes a cada placa, que será el tiempo de recorrido de cada vehículo.
- Si se usa una grabadora de voz, un solo observador puede registrar todos los da-

tos necesarios, pero la transcripción en la oficina de lo grabado consume tiempo adicional. El trabajo de cotejar a mano las dos observaciones es largo y tedioso. Es mejor “digital” las observaciones en la oficina y realizar todo el trabajo de reducción y análisis de la información en computador mediante programas informáticos.

Pueden usarse también cámaras o grabadoras de video para observar los buses y “digital” los datos en la oficina. Es importante que las cámaras puedan captar el número de la placa, pues de otra manera habría que identificar cada vehículo en cada imagen por su color y otros detalles, lo que es muy laborioso.

Una alternativa moderna es usar computadores portátiles para registrar los números de placa (el registro de la hora es automático) y dejar que la informática se encargue de cotejar los números de placa, calcular los tiempos de recorridos, indicar los que parezcan erróneos y efectuar el análisis estadístico. Otra alternativa es usar una grabadora de video que lea automáticamente los números de las placas usando técnicas de procesamiento de imágenes, lo que acelera notablemente el estudio.

En la parte final se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

5.5.3 Procesamiento y obtención de resultados

Después de haberse tomado los datos de campo y extraído de ellos la información pertinente, esa información se somete al análisis estadístico de manera análoga a lo que se hace en otros estudios de tránsito. Los resultados se presentan en forma de sumarios tabulares o de gráficos que muestran visualmente las características más sobresalientes de las tablas.

En cuanto a la información recopilada en campo se recomienda incluirla en la siguiente base de datos, con el fin de conformar un banco con la información de este tipo de estudios.

5.6 ESTUDIOS DE COSTOS DE OPERACIÓN EN TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO DE PASAJEROS

En el transporte público de pasajeros, como en cualquier explotación económica de un servicio, la determinación de los costos y su análisis permiten medir la eficiencia de la actividad. Así mismo, los costos son un insumo básico en la definición de las tarifas del servicio.

Las tarifas de transporte público son fijadas por las autoridades, y básicamente consisten en la relación entre lo que se invierte por unidad para prestar el servicio y los pasajeros movilizados en el período considerado. Por lo anterior, las autoridades deben tener un control efectivo sobre los costos en que incurren los transportadores para prestar el servicio. No obstante, debido a las deficiencias en este as-

Tabla 5.5.
Base de datos para recopilar la información de tiempos de recorrido por el método de las placas en transporte público.
Fuente:
Elaboración propia.

VÍA	FECHA	PUNTO DE CONTROL	SENTIDO	TIPO DE VEHÍCULO	PLACA	HORA	MINUTOS	SEGUNDOS
Nombre de la vía en evaluación	Incluir la fecha de realización de los aforos dd/mm/aa	Nombre del punto de control	Incluir el sentido de circulación evaluado	Incluir el tipo de vehículo	Identificación de la placa	Hora de paso	Minuto de paso	Segundo de paso

pecto, normalmente se ha recurrido a “negociaciones de tarifa” antes que a una estimación real de las tarifas. Cabe mencionar que la variable de pasajeros movilizados ese puede obtener de estudios en terminales y cierres de circuito, ascenso y descenso, frecuencia y ocupación visual y de las estadísticas de las empresas de transporte.

En este numeral se presentan los formatos para obtener la información básica de los costos de operación de vehículos de transporte público, aclarando de antemano que en nuestro medio gran parte de las empresas de transporte carecen de registros confiables, debido principalmente al carácter de afiliadoras. Por esta razón, la metodología exige realizar, además de la investigación normal con las empresas prestadoras del servicio, encuestas de comprobación y pruebas de laboratorio para las principales variables.

Entre los objetivos más relevantes que se buscan con un estudio de costos de operación se encuentran:

- ♦ Estimar los costos de operación de vehículos de transporte público urbano.
- ♦ Preparar información básica para el control y administración de vehículos de transporte público.
- ♦ Estimar parámetros de costos del servicio de transporte público utilizados en los cálculos tarifarios y análisis financieros de las empresas.

Adicionalmente, se presentan las siguientes recomendaciones para tenerlas en cuenta antes de comenzar la toma de información:

- ♦ Para la investigación de los costos de operación es indispensable tener conocimiento de los principales puntos de distribución y atención, cuyos clientes principales sean conductores o propietarios

de vehículos de transporte público; este conocimiento agiliza la toma de información, evitando iniciar encuestas en sitios de poco interés. Además, puede realizarse una programación más precisa de los recorridos que debe hacer cada aforador.

- ♦ Por tratarse de una labor que implica relación directa con las personas, se recomienda prestar mayor atención al entrenamiento de los aforadores en el trato con el encuestado.
- ♦ Los costos de operación son un parámetro importante del funcionamiento y mantenimiento general del sistema de transporte, lo que hace necesaria la creación de bancos de datos confiables de cada una de las variables que lo afectan; esta iniciativa debe involucrar a las empresas, los transportadores y la Secretaría de Tránsito y Transporte, para determinar tarifas más justas para ambas partes.
- ♦ La recolección de la información de costos es dispendiosa y difícil, tomando en cuenta la posición que asumen los propietarios y administradores de los negocios que se van a encuestar, pues son muy dados a pensar que se les está haciendo un seguimiento fiscal y no proporcionan la información o la tergiversan. Otro de los factores que pueden no hacer confiable la información es la disparidad de precios entre talleres y la costumbre de la mayoría de los propietarios de vehículos de transporte público que no compran repuestos nuevos sino de segunda.
- ♦ Dado el esquema de las empresas transportadoras en nuestro medio –principalmente afiliadoras y no propietarias–, no es fácil conseguir la información de este tipo de organizaciones pues éstas no poseen un registro de mantenimiento de los vehículos y en muchos casos tam-

co cuentan con talleres o almacenes propios que puedan suplir las necesidades de mantenimiento y reparación de la flota afiliada.

5.6.1 Planeación

El Ministerio de Transporte ha recomendado una metodología (Resolución 4350 de 1998) para estimar los costos de operación de los vehículos de transporte público, donde el tamaño de la muestra se define a partir del parque total y se pondera por empresa, marca y modelo. Las encuestas se deben realizar principalmente a las empresas para compararlas y complementarlas con encuestas a talleres, distribuidores de repuestos, estaciones de servicio, propietarios, conductores, instituciones de tránsito y aseguradoras. Así mismo, se deben efectuar pruebas de laboratorio en campo para comparar algunos parámetros de rendimiento de combustibles.

5.6.1.1 Logística

El estudio de costos de operación de vehículos de transporte público se puede realizar para un tipo de vehículo en especial, para la flota total de una empresa o para toda la ciudad. Aunque algunas de las encuestas se hacen en períodos normales de servicio, la mayor parte de las investigaciones de los costos de operación de vehículos de transporte público son independientes de la variación temporal del servicio.

Personal y equipo

Para una mejor precisión en la programación y definición del personal y equipo necesarios, se presenta a continuación una descripción general de las encuestas y sus principales objetos.

- ♦ *Encuestas a empresas.* Para obtener información general de los vehículos,

infraestructuras y tipos de administración adoptados para la prestación del servicio (oficinas, almacén de repuestos, garajes, impuestos a vehículos, seguros, tipos de contratación de conductores, esquema de administración).

- ♦ *Encuestas a conductores.* Para obtener información sobre tipos de contratación, costos de contratación y datos generales sobre talleres, almacenes de repuestos y estaciones de servicio más frecuentadas.
- ♦ *Encuestas estaciones de servicio.* Para comprobación y complemento de datos sobre los servicios necesarios para los vehículos de transporte público (lavado parcial, lavado de motor, alineación, montallantas, luces, balanceo, rectificaciones y precios de aceites, filtros y lubricantes).
- ♦ *Encuestas a talleres de mantenimiento y reparación.* Para obtener datos de costos de refacciones y mano de obra del mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos de transporte público.
- ♦ *Encuestas a almacenes distribuidores de repuestos.* Para obtener información sobre los costos de repuestos de los vehículos de transporte público.
- ♦ *Encuestas a almacenes distribuidores de llantas.* Para obtener información sobre los costos de llantas, neumáticos y protectores usados por los vehículos de transporte público.
- ♦ *Encuestas a concesionarios de vehículos.* Para obtener información sobre los costos de repuestos de los vehículos de transporte público.
- ♦ *Encuestas de laboratorio sobre rendimiento de combustibles.* Para determinar los kilómetros que recorre un tipo de vehículo por galón de combustible.

De acuerdo con lo presentado antes, el número de encuestadores requerido para la

realización del estudio depende del número de encuestas definido en el tamaño muestral, del número de empresas, conductores, talleres, almacenes y estaciones de servicio seleccionados para las encuestas de comprobación y complemento de información. Se debe tomar en cuenta que se puede requerir más de una visita a los sitios para completar una encuesta.

El equipo de trabajo que se necesita para desarrollar el estudio consiste en formatos, tabla de apoyo, lápices y borradores. En este tipo de estudios, por existir una interacción directa con las empresas, conductores y dueños o representantes de almacenes y estaciones, los encuestadores deben contar con carnet de identificación visible y cumplir con normas de presentación y diálogo que faciliten las entrevistas.

Formatos de campo

En este ítem se presentan los formatos utilizados en la investigación de los costos de operación de los vehículos de transporte público. Es de aclarar que algunos datos para una misma variable se obtienen tanto en las empresas de transporte, como en talleres, almacenes y de laboratorio, útiles para corroborar y complementar la información.

Encuesta a empresas de transporte

Las figuras 5.12 a 5.15 muestran el formato de la encuesta a empresas de transporte para obtener la información básica que permita establecer los costos de operación de las unidades de transporte público.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación del formato*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.

- *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
- *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
- *Empresa.* A la que pertenece la ruta y se llena previamente.
- *Hoja N° ____ de ____.* Consecutivo de control de formatos utilizados en la encuesta.

♦ *Cómo llenar el formato*

- *Datos generales de la empresa.* Llenar con el nombre completo de la empresa, el nombre usual con que el público en general la identifica, la dirección de ubicación de las oficinas principales, el teléfono y fax respectivos. Marcar con una "X" la forma de asociación respectiva.
- *Organigrama de la empresa.* Hacer un esquema del organigrama de la empresa. En caso necesario se puede anexar una hoja que complementa la información sobre la organización y jerarquía de decisión.
- *Relación de personal de la empresa.* La columna del área o dependencia se indica según el organigrama de la empresa (en una estructura básica de una empresa las áreas pueden ser de dirección, planeación y control, operación, mantenimiento, administración o finanzas). En la columna de función o cargo del personal se indica según sea el caso, si se trata de personas que se desempeñan como director, gerentes de área, abogados, jefes de departamento, choferes, despachadores, secretaria, entre otros. Posteriormente se indica el salario básico del personal, sin incluir las prestaciones. En la columna del factor de prestaciones se

indica para cada personal el factor correspondiente, compatible con la suma de los porcentajes de subsidios y bonificaciones relacionados en el cuadro siguiente. El salario total (\$/mes) corresponde al salario básico incrementado con el factor de prestaciones de la empresa. En la columna de cantidad de personal (homb-mes) se indica el número de personas que desempeñan la función respectiva (la unidad escogida permite incorporar participaciones menores que la unidad, por ejemplo de medio tiempo). La columna de costo total (\$/mes) corresponde al producto que se paga por salarios en cada función correspondiente.

- *Inventario de la flota.* En la primera columna se indica el año de fabricación de las unidades (puede ser 1998, 1997, 1996). En la segunda columna se indica la marca o tipo de los vehículos (por ejemplo, Chevrolet, Mercedes Benz). En la tercera columna se indica el tipo de vehículo respectivo (bus corriente, buseta ejecutiva, entre otros). En la cuarta columna se indica el tipo de combustible que usa el vehículo o grupo de vehículos de la fila respectiva (gasolina corriente, ACPM, entre otros). Posteriormente, se indica la capacidad de las unidades relacionadas, expresada en pasajeros sentados y de pie. Finalmente, se indica el número de unidades que conforman el grupo que cumple las características relacionadas en la fila. En esta tabla se tienen en cada fila grupos de vehículos similares que cumplen unas características de modelo, tipo, capacidad y tipo de combustible. La información se comple-

menta al pie de la tabla, indicando cuántas unidades son de propiedad de la empresa y cuántas unidades son de propietarios individuales o de otro tipo de propiedad.

- *Datos de las rutas de la empresa.* Se debe indicar para cada ruta de la empresa el número de la ruta, el nombre, tipo de vehículo (bus corriente, buseta ejecutiva, entre otros), la longitud de la ruta en kilómetros (ida, regreso, total), el número promedio de despachos al día (diferenciando días normales [lunes a viernes] y sábados y domingos) y el número promedio de pasajeros movilizados por vehículo por día (alternativamente se pueden indicar los pasajeros totales movilizados por día en la ruta, haciendo las respectivas anotaciones del caso).
- *Datos de la flota por ruta.* Se debe indicar para cada ruta el número de la misma, el nombre de la ruta, el tipo de vehículo característico, la flota autorizada en la orden de servicio de la autoridad, la flota en operación y la flota de reserva (para suplir en el servicio en caso de mantenimiento o fallas en la flota de operación). Se deben hacer las aclaraciones respectivas, en caso necesario.
- *Datos de las instalaciones de la empresa.*
- *Oficinas.* Indicar si la empresa cuenta con oficinas propias o no. En caso negativo, llenar el campo correspondiente a la renta mensual, incluyendo los servicios y funcionamiento (teléfono, luz, agua y papelería). En caso de contar con oficinas propias, completar la información sobre área existente por componente (dirección, planeación y control, operación, ad-

ministración, finanzas, entre otros). Listar los equipos básicos con que se cuenta en cada dependencia (computadores, escritorios, entre otros), indicar el costo estimado de los equipos existentes y el costo mensual de funcionamiento (papelería, teléfono, servicios, entre otros).

- **Talleres.** Indicar si la empresa cuenta con talleres propios o no. En caso de contar con talleres propios, completar la información sobre el área existente por componente (estacionamiento, talleres, oficina, lavadores, puesto para cambio de aceite, almacén de refacciones, entre otros). Listar los equipos básicos con que se cuenta en cada dependencia, indicar el costo estimado de los equipos existentes y el costo mensual de funcionamiento (papelería, teléfono, servicios, entre otros).
- **Garajes.** Indicar si la empresa cuenta con garajes propios o no. En caso negativo, indicar cuánto se paga por servicios de garaje en el día, en la noche y el tipo de contrato respectivo (mensual, anual, ocasional por unidad o para toda la flota de la empresa). Si se cuenta con garajes propios, completar la información sobre área existente por componente (estacionamiento, oficina, entre otros). Listar los equipos básicos con que se cuenta en cada dependencia, indicar el costo estimado de los equipos existentes y el costo mensual de funcionamiento (papelería, teléfono, servicios, entre otros).
- **Datos de costos de operación promedio.** Especificar si los datos de costos de operación promedio se darán para toda la flota o por tipo de unidad característica de la empresa. En caso de tratarse de unidades representativas de la flota, indicar el tipo de vehículo (tipo, marca y modelo). El espacio del formato permite dos tipos de vehículos característicos de la empresa. En caso necesario, usar hojas adicionales, especialmente para diferenciar buses, busetas, colectivos (corrientes y ejecutivos).
- **Datos sobre el mantenimiento de unidades.** Se debe marcar si el mantenimiento es hecho por personal propio de la empresa o no. Así mismo, si en la empresa predomina la política de mantenimiento preventivo o correctivo a las unidades. Posteriormente, y de manera similar que para los costos de operación, se deben indicar los costos promedio de mantenimiento de las unidades (en caso necesario, usar páginas adicionales para diferencias por tipo de vehículo).
- **Datos de impuestos y seguros de las unidades.** Llenar con la frecuencia expresada en días y el costo de los impuestos y seguros que pagan los vehículos de transporte público. En caso de existir diferencias según tipo de vehículo, usar hojas adicionales, haciendo las respectivas observaciones al respecto.

Fuente:
*Elaboración
propia.*



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
Secretaría
TRANSITO Y TRANSPORTE

ENCUESTA A EMPRESAS DE TRANSPORTE (3 DE 4)					
Fecha: (D/M/A)	Hora inicio:	Localización:	Hoja:		
Día:	Hora final:		De:		
Empresa: _____					
Funcionario: _____			Cargo: _____		
Encuestador: _____					
7. Datos de las instalaciones de la empresa					
7.1. Oficinas					
¿La empresa cuenta con oficinas propias?			No ¿Cuánto pagan arriendo (\$/mes)? _____		
			Sí (complete el cuadro siguiente)		
Componente	Área (m ²)	Equipos básicos existentes	Costo equipos (\$)	Costo funcionam. (\$/mes)	
Dirección					
Planeación y control					
Operación					
Administración					
Finanzas					
Otros (<i>especifique</i>)					
7.2. Talleres					
¿La empresa cuenta con talleres propios?			No		Sí (complete el cuadro siguiente)
Componente	Área (m ²)	Equipos básicos existentes	Costo equipos (\$)	Costo funcionam. (\$/mes)	
Estacionamiento					
Talleres					
Oficina					
Lavadores					
Puesto para cambio de aceite					
Almacén de refacciones					
Otros (<i>especifique</i>)					
7.3. Garajes					
¿La empresa cuenta con garajes propios?			No	Entonces, ¿cuánto paga por servicios de garaje?	
				En el día (\$)	_____
				En la noche (\$)	_____
				Tipo de contrato	_____
			Sí (complete el cuadro siguiente)		
Componente	Área (m ²)	Equipos básicos existentes	Costo equipos (\$)	Costo funcionam. (\$/mes)	
Estacionamiento					
Oficina					
Otros (<i>especifique</i>)					
Observaciones:					
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO			
NOMBRE:	NOMBRE:	LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA		
FIRMA:	FIRMA:				
CARGO:	CARGO:				
FECHA:	FECHA:				
ELABORÓ		REVISÓ			

Figura 5.14.
Encuesta a
empresas de
transporte
(parte 3 de 4).

Fuente:
Elaboración
propia.

Figura 5.15.
Encuesta a
empresas de
transporte
(parte 4 de 4).

ENCUESTA A EMPRESAS DE TRANSPORTE (4 DE 4)																																																																																																																																											
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:				Hoja:																																																																																																																																			
Dia:		Hora final:						De:																																																																																																																																			
Empresa: _____ Funcionario: _____ Cargo: _____ Encuestador: _____																																																																																																																																											
8. Datos de costos de operación promedio ☐ Datos para toda la flota ☐ Datos por vehículo (por favor, especifique) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Concepto</th> <th rowspan="2">Unidad</th> <th rowspan="2">Consumo</th> <th colspan="2">Frec. de cambio</th> <th rowspan="2">Gasto (\$/mes)</th> </tr> <tr> <th>km</th> <th>Días</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Combustible</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Aceite de motor</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Lubricante de caja</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Lubricante de transmisión</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Filtro de aceite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Filtro de aire</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Filtro de gasolina</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Servicios de lavado</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Otros servicios de estac.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Llantas nuevas</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Llantas recambuchadas</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Otros (especifique)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Consumo</th> <th colspan="2">Frec. de cambio</th> <th rowspan="2">Gasto (\$/mes)</th> </tr> <tr> <th>km</th> <th>Días</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										Concepto	Unidad	Consumo	Frec. de cambio		Gasto (\$/mes)	km	Días	Combustible						Aceite de motor						Lubricante de caja						Lubricante de transmisión						Filtro de aceite						Filtro de aire						Filtro de gasolina						Servicios de lavado						Otros servicios de estac.						Llantas nuevas						Llantas recambuchadas						Otros (especifique)						Consumo	Frec. de cambio		Gasto (\$/mes)	km	Días																																												
Concepto	Unidad	Consumo	Frec. de cambio		Gasto (\$/mes)																																																																																																																																						
			km	Días																																																																																																																																							
Combustible																																																																																																																																											
Aceite de motor																																																																																																																																											
Lubricante de caja																																																																																																																																											
Lubricante de transmisión																																																																																																																																											
Filtro de aceite																																																																																																																																											
Filtro de aire																																																																																																																																											
Filtro de gasolina																																																																																																																																											
Servicios de lavado																																																																																																																																											
Otros servicios de estac.																																																																																																																																											
Llantas nuevas																																																																																																																																											
Llantas recambuchadas																																																																																																																																											
Otros (especifique)																																																																																																																																											
Consumo	Frec. de cambio		Gasto (\$/mes)																																																																																																																																								
	km	Días																																																																																																																																									

Fuente:
Elaboración
propia.

Encuesta a talleres de mantenimiento y reparación

En la figura 5.16 se muestra el formato base para realizar esta encuesta. A continuación se presentan las instrucciones básicas para llenarlo.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación del formato.*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
 - *Taller.* Escribir el nombre del taller seleccionado y se llena previamente.
 - *Dirección.* Escribir la calle y número de ubicación del taller.
 - *Teléfono.* Número de teléfono del taller.
 - *Tipo de vehículo.* Indicar el tipo de vehículo (bus corriente, buseta, entre otros), así como la marca y modelo de referencia para el que se llenarán los datos de mantenimiento.
 - *Hoja N° ___ de ___.* Consecutivo de control de formatos utilizados en la encuesta.
- ♦ *Cómo llenar el formato*
 - *Frecuencia.* Expresada en número de kilómetros y días promedio en que normalmente se realiza el concepto de mantenimiento.
 - *Descripción.* Presenta el listado de conceptos a considerar en la encuesta. En caso de otros conceptos no contemplados, usar una hoja anexa para detallar los costos y frecuencias respectivas.

- *Costo promedio.* De refacciones y mano de obra para cada uno de los conceptos presentados en la columna de descripción. El costo total corresponde a la suma de los conceptos de refacciones y mano de obra. Algunos talleres suministran sólo un costo global de refacciones y mano de obra, que se anota en la columna de total.

En la parte inferior se anotan el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

Encuesta a estaciones de servicio

En la figura 5.17 se muestra el formato base para realizar esta encuesta. A continuación se presentan las instrucciones básicas para llenarlo.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación del formato*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
 - *Estación.* Escribir el nombre de la estación de servicio seleccionada y se llena previamente.
 - *Dirección.* Escribir la calle y número de ubicación de la estación de servicio.
 - *Teléfono.* Número de teléfono de la estación de servicio.

- *Tipo de vehículo.* Indicar el tipo de vehículo (bus corriente, buseta, entre otros), así como la marca y modelo de referencia para el que se llenarán los datos de mantenimiento.
- *Hoja N° ___ de ___.* Consecutivo de control de formatos utilizados en la encuesta.
- *Costo de combustibles.* Llenar con la unidad de medida y el costo respectivo de los combustibles. Completar la información con el porcentaje de sobretasa vigente para cada tipo de combustible.

En la parte inferior se anotan el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

Encuesta a almacenes distribuidores de repuestos

En la figura 5.18 se muestra el formato base para realizar esta encuesta. A continuación se presentan las instrucciones básicas para llenarlo.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación del formato*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.

- *Nombre del almacén.* Escribir el nombre del almacén y se llena previamente.
- *Dirección.* Escribir la calle y número de ubicación del almacén.
- *Teléfono.* Número de teléfono del almacén.
- *Tipo de vehículo.* Indicar el tipo de vehículo (bus corriente, buseta, entre otros), así como la marca y modelo de referencia para el que se llenarán los datos de mantenimiento.
- *Hoja N° ___ de ___.* Consecutivo de control de formatos utilizados en la encuesta.

♦ *Cómo llenar el formato*

- *Descripción.* Presenta los conceptos de partes más importantes utilizadas para las actividades de mantenimiento y reparación de la unidad tipo especificada en el encabezado.
- *Unidad.* Indicar la unidad de medida del concepto respectivo.
- *Costo unitario.* Llenar con el costo unitario del concepto.
- *Cantidad.* Llenar con la cantidad normalmente utilizada para el mantenimiento o reparación del vehículo tipo.
- *Costo total.* Llenar con el costo total de las partes especificadas para cada concepto. Corresponde a la multiplicación del costo unitario y la cantidad especificadas para el concepto.

En la parte inferior se registra el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

ENCUESTA A TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN						
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:		
Día:		Hora final:				
Taller: _____				Hoja _____ De _____		
Dirección: _____		Teléfono: _____				
Tipo de vehículo: _____		Marca: _____		Modelo: _____		
Encuestador: _____						
Ítem	Descripción	Costo promedio (\$)			Frecuencia	
		Refacciones	Mano de obra	Total	Km	Días
1.00	Carburación					
1.01	Reparación bomba de gasolina					
1.02	Carburador					
2.00	Motor					
2.01	Sincronización					
2.02	Reparación general (sin rectif.)					
2.03	Rectificación cigüeñal					
2.04	Rectificación bloque					
2.05	Cambiar 3/4 motor					
3.00	Caja de velocidades					
3.01	Ajustar y cambiar empaque					
3.02	Ajuste con cambio de rodamiento y rect.					
3.03	Reparación general					
4.00	Embrague					
4.01	Graduar y purgar clutch					
4.02	Reemplazar disco del embrague					
4.03	Revisión general					
5.00	Diferencial					
5.01	Cambio de rodamientos					
5.02	Cambio semieje					
5.03	Cambio corona y speed					
5.04	Reparación general (más satélites y planet.)					
6.00	Eje propulsor					
6.01	Cambio crucetas					
6.02	Revisión general					
7.00	Dirección					
7.01	Desmontar y montar conjunto de mecanismo					
7.02	Cambiar terminales					
7.03	Cambiar y rimar splinders					
7.04	Alineación					
7.05	Graduar mecanismo sinfin ajustar sector					
8.00	Sistema de frenos					
8.01	Cambiar bandas, graduar y purgar					
8.02	Cambiar chupas a un cilindro					
8.03	Revisión general					
9.00	Suspensión delantera					
9.01	Cambio hoja principal					
9.02	Cambio de amortiguadores					
9.03	Cambio soportes de los resortes					
9.04	Desmontar y montar eje delantero					
9.05	Revisión general					
10.00	Suspensión trasera					
10.01	Encruvar resortes					
10.02	Cambio amortiguadores					
10.03	Cambio de soportes y pasadores					
10.04	Revisión general					
11.00	Sistema eléctrico					
11.01	Reparación del arranque					
11.02	Reparación del alternador					
11.03	Reparación del distribuidor					
11.04	Cambio de switch de arranque					
11.05	Reacondicionar instalación de baja					
11.06	Reparación de la instalación de alta					
11.07	Revisión de luces					
11.08	Revisión general					
12.00	Otros					
12.01						
12.02						
12.03						
12.04						
Observaciones: _____						
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE			NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:		NOMBRE:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA	
FIRMA:		FIRMA:				
CARGO:		CARGO:				
FECHA:		FECHA:				
ELABORÓ		REVISÓ				

Figura 5.16.
Encuesta a talleres de mantenimiento y reparación.

Fuente:
Elaboración propia.

Figura 5.17.
Encuesta a
estaciones de
servicio.

ENCUESTA A ESTACIONES DE SERVICIO																																																																																	
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:			Hoja:																																																																										
Día:		Hora final:					De:																																																																										
Taller: _____																																																																																	
Dirección: _____				Teléfono: _____																																																																													
Tipo de vehículo: _____				Marca: _____			Modelo: _____																																																																										
Encuestador: _____																																																																																	
1. Aceite de motor <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Marca</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Valor unid. (\$)</th> <th>Frecuencia del cambio (km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																	2. Lubricante de caja <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Marca</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Valor unid. (\$)</th> <th>Frecuencia del cambio (km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																
Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																																																														
Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																																																														
3. Lubricante de transmisión <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Marca</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Valor unid. (\$)</th> <th>Frecuencia del cambio (km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																	4. Filtro de aceite <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Marca</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Valor unid. (\$)</th> <th>Frecuencia del cambio (km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																
Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																																																														
Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																																																														
5. Filtro de aire <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Marca</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Valor unid. (\$)</th> <th>Frecuencia del cambio (km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																	6. Filtro de gasolina <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Marca</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Valor unid. (\$)</th> <th>Frecuencia del cambio (km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																
Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																																																														
Marca	Unidad de medida	Valor unid. (\$)	Frecuencia del cambio (km)																																																																														
7. Servicios de lavado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Costo (\$)</th> <th colspan="2">Frecuencia</th> </tr> <tr> <th>Km</th> <th>Días</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Parcial y aseo</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Motor</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Petróleo</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Engrase</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>General</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Tipo	Costo (\$)	Frecuencia		Km	Días	Parcial y aseo				Motor				Petróleo				Engrase				General				8. Otros servicios <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo</th> <th rowspan="2">Costo (\$)</th> <th colspan="2">Frecuencia</th> </tr> <tr> <th>Km</th> <th>Días</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Montalantas</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Alineación</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Luces (alineac.)</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Balancos</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Rectificación</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Tipo	Costo (\$)	Frecuencia		Km	Días	Montalantas				Alineación				Luces (alineac.)				Balancos				Rectificación																							
Tipo	Costo (\$)	Frecuencia																																																																															
		Km	Días																																																																														
Parcial y aseo																																																																																	
Motor																																																																																	
Petróleo																																																																																	
Engrase																																																																																	
General																																																																																	
Tipo	Costo (\$)	Frecuencia																																																																															
		Km	Días																																																																														
Montalantas																																																																																	
Alineación																																																																																	
Luces (alineac.)																																																																																	
Balancos																																																																																	
Rectificación																																																																																	
9. Costo de combustibles <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Unidad de medida</th> <th>Costo (\$)</th> <th>% sobrelasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Gasolina corr.</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Gasolina extra</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>ACPM</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>Otro</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>										Tipo	Unidad de medida	Costo (\$)	% sobrelasa	Gasolina corr.				Gasolina extra				ACPM				Otro																																																							
Tipo	Unidad de medida	Costo (\$)	% sobrelasa																																																																														
Gasolina corr.																																																																																	
Gasolina extra																																																																																	
ACPM																																																																																	
Otro																																																																																	
Observaciones: _____																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">LOGO CONTRATANTE</td> <td style="width: 45%; text-align: center;">NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE</td> <td style="width: 45%; text-align: center;">NOMBRE DEL ESTUDIO</td> </tr> </table>										LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																																																																					
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">NOMBRE:</td> <td style="width: 20%;"> </td> <td style="width: 20%;">NOMBRE:</td> <td style="width: 20%;"> </td> <td style="width: 10%;"> </td> <td style="width: 10%;"> </td> </tr> <tr> <td>FIRMA:</td> <td> </td> <td>FIRMA:</td> <td> </td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">LOGO DEL CONTRATISTA</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">NOMBRE DEL CONTRATISTA</td> </tr> <tr> <td>CARGO:</td> <td> </td> <td>CARGO:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td> </td> <td>FECHA:</td> <td> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ELABORÓ</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">REVISÓ</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>										NOMBRE:		NOMBRE:				FIRMA:		FIRMA:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA	CARGO:		CARGO:		FECHA:		FECHA:		ELABORÓ		REVISÓ																																																	
NOMBRE:		NOMBRE:																																																																															
FIRMA:		FIRMA:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA																																																																												
CARGO:		CARGO:																																																																															
FECHA:		FECHA:																																																																															
ELABORÓ		REVISÓ																																																																															

Fuente:
Elaboración
propia.

ENCUESTA A TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN (1 DE 3)					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:	
Día:		Hora final:			
Almacén: _____ Hoja _____ De _____ Dirección: _____ Teléfono: _____ Fecha: (D/M/A) _____ Tipo de vehículo: _____ Marca: _____ Modelo: _____ Encuestador: _____					
Item	Descripción	Unidad	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo total (\$)
1.00	Sistema de alimentación				
1.01	Bomba de inyección				
1.02	Empaquetadura de bomba				
1.03	Rodamientos para bomba				
1.04	Juego de elementos de bombeo				
1.05	Juego de resortes				
1.06	Conjunto regulador				
1.07	Válvulas de retención (alta)				
1.08	Bomba auxiliar				
1.09	Mangueras de paso de combustible				
1.10	Injectores				
1.11	Tobera para inyector				
2.00	Motor				
2.01	Juego de pistones				
2.02	Juego de anillos				
2.03	Juego de casquetes de biela				
2.04	Juego de casquetes de bancada				
2.05	Bomba de aceite				
2.06	Bujes de árbol de levas				
2.07	Cadena de distribución				
2.08	Piñones de distribución				
2.09	Válvulas de admisión				
2.10	Válvulas de escape				
2.11	Resortes de válvulas				
2.12	Cuñas de válvulas				
2.13	Buzos de válvulas				
2.14	Impulsores de válvulas				
2.15	Rampas de balancines				
2.16	Cigüeñal				
2.17	Eje de levas				
2.18	Juego de bielas				
2.19	Juego de camisas				
2.20	Bomba de agua				
2.21	Múltiples				
2.22	Filtro purificador de aire				
2.23	Turbocargador				
2.24	Soportes de motor				
2.25	Correas				
2.26	Empaquetadura del motor				
2.27	Cárter				
2.28	Ventilador				
2.29	Poleas				
2.30	Rectificación cigüeñal				
2.31	Rectificación bloque				
2.32	Cabeza de cilindros (culata)				
2.33	Motor 3/4				
2.34	Compresor				
2.35	Cilindros del compresor				
2.36	Pistón del compresor				
2.37	Biela del compresor				
2.38	Anillos del compresor				
2.39	Cigüeñal del compresor				
2.40	Rodamientos del compresor				
2.41	Carcasa del compresor				
2.42	Otros				
Observaciones: _____					
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE		NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:		NOMBRE:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:		FIRMA:			
CARGO:		CARGO:			
FECHA:		FECHA:			
ELABORÓ		REVISÓ			

Figura 5.18.
Encuesta a
almacenes
distribuidores
de repuestos.

Fuente:
Elaboración
propia.

Figura 5.18.
Encuesta a
almacenes
distribuidores
de repuestos
(continuación).

ENCUESTA A TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN (2 DE 3)					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:	
Día:		Hora final:			
Almacén: _____ Hoja _____ De _____					
Dirección: _____		Teléfono: _____		Fecha: _____	
Tipo de vehículo: _____		Marca: _____		Modelo: _____	
Encuestador: _____					
Item	Descripción	Unidad	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo total (\$)
3.00	Caja de velocidades				
3.01	Horquillas				
3.02	Eje corredizo				
3.03	Eje de toma				
3.04	Tren fijo				
3.05	Piñón de primera				
3.06	Piñón de segunda				
3.07	Piñón de tercera				
3.08	Piñón de cuarta				
3.09	Piñón de quinta				
3.10	Piñón de sexta				
3.11	Piñón de reversa				
3.12	Sincronizadores				
3.13	Juego de arandelas y pines				
3.14	Rodamientos tren fijo				
3.15	Balnera eje propulsor				
3.16	Balnera eje corredizo				
3.17	Retenedores				
3.18	Agujas				
3.19	Empaquetadura				
3.20	Otros				
4.00	Embrague				
4.01	Carcasa (carevaca)				
4.02	Balnera				
4.03	Disco				
4.04	Prensa				
4.05	Uñas del embrague				
4.06	Buje o balnera propulsora				
4.07	Pasadores				
4.08	Tomillos				
4.09	Resortes tensores				
4.10	Bomba principal				
4.11	Bomba auxiliar				
4.12	Chupas de las bombas				
4.13	Otros				
5.00	Diferencial				
5.01	Corona y speed				
5.02	Juego equalizador				
5.03	Housing				
5.04	Ejes				
5.05	Rodillos de la canastilla				
5.06	Rodillos del speed				
5.07	Cubos reductores				
5.08	Bujes cubos reductores				
5.09	Piones del cubo reductor				
5.10	Corona del cubo reductor				
5.11	Arandelas de los satélites				
5.12	Arandelas de los planetarios				
5.13	Arandelas de ajuste del speed				
5.14	Retenedores				
5.15	Empaquetadura del diferencial				
5.16	Otros				
6.00	Eje propulsor				
6.01	Cardán				
6.02	Crucetas				
6.03	Soportes del cardán				
6.04	Espigo				
6.05	Otros				
Observaciones: _____					
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE		NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:		NOMBRE:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:		FIRMA:			
CARGO:		CARGO:			
FECHA:		FECHA:			
ELABORO		REVISO			

Fuente:
Elaboración
propia.

ENCUESTA A TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN (3 DE 3)					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:	
Dia:		Hora final:			
Almacén: _____ Hoja _____ De _____ Dirección: _____ Teléfono: _____ Fecha: _____ Tipo de vehículo: _____ Marca: _____ Modelo: _____ Encuestador: _____					
Item	Descripción	Unidad	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo total (\$)
7.00	Sistema de frenos				
7.01	Bandas				
7.02	Campanas				
7.03	Cilindros				
7.04	Resortes de las bandas				
7.05	Chupas				
7.06	Booster para freno				
7.07	Diáfragmas				
7.08	Otros				
8.00	Suspensión delantera				
8.01	Hojas principal				
8.02	Hojas secundarias				
8.03	Resorte completo				
8.04	Soportes				
8.05	Pasadores				
8.06	Amortiguadores				
8.07	Puente delantero				
8.08	Otros				
9.00	Suspensión trasera				
9.01	Hoja principal				
9.02	Hojas secundarias				
9.03	Resorte completo				
9.04	Soportes				
9.05	Pasadores				
9.06	Hausing				
9.07	Otros				
10.00	Dirección				
10.01	Caja de dirección				
10.02	Volante (cabrilla)				
10.03	Sinfin				
10.04	Sector				
10.05	Bomba de mando hidráulico				
10.06	Varilla transversal				
10.07	Terminales				
10.08	Varilla estabilizadora				
10.09	Tubería del sistema				
10.10	Otros				
11.00	Sistema eléctrico				
11.01	Batería				
11.02	Arranque				
11.03	Automático				
11.04	Escobillas				
11.05	Bujes				
11.06	Inducido				
11.07	Bendix				
11.08	Rotor (recolector)				
11.09	Regulador				
11.10	Bobinas de campo				
11.11	Carcasa				
11.12	Alternador o dinamo				
11.13	Balneras				
11.14	Diodos				
11.15	Motor limpiabrisas				
11.16	Unidades de luz delanteras				
11.17	Stop, cocuyos y direccionales				
11.18	Otros				
12.00	Accesorios				
12.01	Espejo interior				
12.02	Espejos laterales				
12.03	Parabrisas				
Observaciones: _____					
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE		NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:		NOMBRE:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:		FIRMA:			
CARGO:		CARGO:			
FECHA:		FECHA:			
ELABORO		REVISO			

Figura 5.18.
Encuesta a
almacenes
distribuidores
de repuestos
(continuación).

Fuente:
Elaboración
propia.

Encuesta a almacenes distribuidores de llantas

En la figura 5.19 se muestra el formato base para realizar esta encuesta. A continuación se presentan las instrucciones básicas para llenarlo.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación del formato*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
 - *Almacén.* Escribir el nombre del almacén y se llena previamente.
 - *Dirección.* Escribir la calle y número de ubicación del almacén.
 - *Teléfono.* Número de teléfono del almacén.
 - *Hoja N° ___ de ___.* Consecutivo de control de formatos utilizados en la encuesta.
- ♦ *Cómo llenar el formato*
 - *Llantas, neumáticos, protectores y llantas reencauchadas.* Llenar la marca, dimensión, precio de la unidad y duración estimada expresada en kilómetros. Datos correspondientes a llantas más utilizadas por los distintos tipos de vehículos de transporte público existentes en la ciudad.
 - *Observaciones.* Anotar las aclaraciones que se consideren necesarias.

En la parte inferior se anotan el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

Encuesta a concesionarios de vehículos

En la figura 5.20 se muestra el formato base para realizar esta encuesta. A continuación se presentan las instrucciones básicas para llenarlo.

- ♦ *Cómo llenar la sección de identificación del formato*
 - *Fecha (día, mes y año).* Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - *Día.* Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - *Período del estudio.* Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - *Localización.* Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.
 - *Concesionario.* Escribir el nombre del almacén concesionario seleccionado y se llena previamente.
 - *Dirección.* Escribir la calle y número de ubicación del almacén concesionario.
 - *Teléfono.* Número de teléfono del almacén concesionario.
 - *Hoja N° ___ de ___.* Consecutivo de control de formatos utilizados en la encuesta.
- ♦ *Cómo llenar el formato*
 - *Tipo de vehículo.* Indicar el tipo de vehículo (bus corriente, buseta, entre otros).
 - *Marca.* Indicar la marca del vehículo (Chevrolet, Volvo, Mercedes Benz, entre otros).
 - *Modelo.* Indicar el año de fabricación del vehículo.

- **Motor** (marca). Anotar la marca del motor del vehículo (Cummins, Mercedes, entre otros).
- **Combustible**. Especificar el tipo de combustible del vehículo (gasolina corriente, gasolina extra, ACPM, entre otros).
- **Capacidad**. Expresada en pasajeros sentados y de pie máximos posibles en el vehículo (datos de la ficha técnica del vehículo).
- **Costo**. Del chasis y de la carrocería del vehículo relacionado. Así mismo, indicar el costo total del vehículo (chasis más carrocería).

En la parte inferior se anotan el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

Encuesta de laboratorio de combustibles

En la figura 5.21 se muestra el formato base para realizar esta encuesta. A continuación se presentan las instrucciones básicas para llenarlo.

- ♦ **Cómo llenar la sección de identificación del formato**
 - **Fecha (día, mes y año)**. Corresponde a la fecha en que se realizará el estudio.
 - **Día**. Día de la semana, determinando si es festivo o día hábil.
 - **Período del estudio**. Corresponde al período durante el cual se realizará el estudio.
 - **Localización**. Indicar la dirección exacta del lugar del aforo.

- **Empresa**. Escribir el nombre de la empresa seleccionada para las encuestas.
- **Estación**. Nombre de la estación base para tomar las mediciones respectivas.
- **Teléfono**. Número de teléfono de la estación donde se toman las mediciones.
- **Hoja N°__ de __**. Consecutivo de control de formatos utilizados en la encuesta.

♦ Cómo llenar el formato

- **Tipo de vehículo**. Indicar el tipo de vehículo seleccionado para la prueba.
- **Número de orden**. Indicar el número de orden del vehículo de prueba.
- **Marca**. Marca del vehículo de prueba (Chevrolet, Mercedes, entre otros).
- **Modelo**. Año de fabricación del vehículo.
- **Motor**. Marca del motor del vehículo.
- **Tipo de combustible**. Tipo de combustible que utiliza el vehículo de prueba.
- **Hora de tanqueo**. Llenar con la hora y minutos del tanqueo inicial y final del vehículo de prueba.
- **Lectura del odómetro**. Anotar las lecturas del odómetro tanto al momento del tanqueo inicial como al final de la prueba.
- **Galones cargados**. Anotar los galones cargados en cada uno de los tanques de control del vehículo de prueba. En los dos se debe llenar el tanque hasta su máxima capacidad.
- **Costo total**. Anotar el costo total de los tanques de prueba.

En la parte inferior se anotan el nombre del estudio o proyecto, el nombre del cliente o entidad contratante y del contratista.

Finalmente, se registran los nombres y cargos de quien elabora y quien revisa la información contenida en el formato.

Figura 5.19.
Encuesta a
distribuidores
de llantas.

[illegible]

Fuente:
*Elaboración
propia.*

5.6.2 Ejecución

Para la investigación de los costos de operación de vehículos de transporte público se debe hacer un trabajo previo de planeación que permita: a) conocer el número y principales datos de las empresas existentes; b) cono-

cer el inventario de la flota existente; c) conocer las resoluciones de autorización de ruta y la programación de la operación de las empresas; d) conocer los datos generales de las estaciones, talleres y almacenes de repuestos, e) definir el personal necesario, capacitarlo para

Figura 5.21.
Encuesta de
laboratorios
de combustible.

ENCUESTA DE LABORATORIO DE COMBUSTIBLES																													
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:		Hoja:																							
Día:		Hora final:				De:																							
Empresa: _____ Estación: _____ Teléfono: _____ Encuestador: _____																													
Tipo de vehículo: _____ Número de orden: _____ Marca: _____ Modelo: _____ Motor: _____ Tipo de combustible: ☐ Gasolina corriente ☐ Gasolina extra ☐ ACPM (diésel) ☐ Otro ¿Cuál? _____																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tanque</th> <th>Hora de tanque</th> <th>Lectura del odómetro</th> <th>Galones cargados</th> <th>Costo total (\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicial</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Tanque	Hora de tanque	Lectura del odómetro	Galones cargados	Costo total (\$)	Inicial					Final									
Tanque	Hora de tanque	Lectura del odómetro	Galones cargados	Costo total (\$)																									
Inicial																													
Final																													
Observaciones: _____																													
Tipo de vehículo: _____ Número de orden: _____ Marca: _____ Modelo: _____ Motor: _____ Tipo de combustible: ☐ Gasolina corriente ☐ Gasolina extra ☐ ACPM (Diésel) ☐ Otro ¿Cuál? _____																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tanque</th> <th>Hora de tanque</th> <th>Lectura del odómetro</th> <th>Galones cargados</th> <th>Costo total (\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicial</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Tanque	Hora de tanque	Lectura del odómetro	Galones cargados	Costo total (\$)	Inicial					Final									
Tanque	Hora de tanque	Lectura del odómetro	Galones cargados	Costo total (\$)																									
Inicial																													
Final																													
Observaciones: _____																													
Observaciones: _____																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">LOGO CONTRATANTE</td> <td style="width: 45%; text-align: center;">NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">NOMBRE DEL ESTUDIO</td> </tr> </table>										LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																	
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">NOMBRE:</td> <td style="width: 25%;">NOMBRE:</td> <td style="width: 25%;">LOGO DEL CONTRATISTA</td> <td style="width: 25%;">NOMBRE DEL CONTRATISTA</td> </tr> <tr> <td>FIRMA:</td> <td>FIRMA:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CARGO:</td> <td>CARGO:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td>FECHA:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ELABORÓ</td> <td style="text-align: center;">REVISÓ</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										NOMBRE:	NOMBRE:	LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA	FIRMA:	FIRMA:			CARGO:	CARGO:			FECHA:	FECHA:			ELABORÓ	REVISÓ		
NOMBRE:	NOMBRE:	LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA																										
FIRMA:	FIRMA:																												
CARGO:	CARGO:																												
FECHA:	FECHA:																												
ELABORÓ	REVISÓ																												

Fuente:
Elaboración propia.

la recolección de la información y asignarles las tareas, e indicarles las responsabilidades y compromisos.

Se debe coordinar con las autoridades locales las citas y referencias respectivas (cartas de presentación) ante las empresas de transporte. En nuestro medio, las empresas generalmente no cuentan con información y esta-

dísticas que faciliten la investigación de los costos de operación, por lo que se debe acompañar y asistir a los representantes en el llenado de las encuestas. Así mismo, se pueden dar situaciones en que no quieran suministrar información o, conocedores de la aplicación de ciertas variables (por ejemplo, para la estimación de tarifas), tiendan a sobrestimar algunos

parámetros. Se recomienda, en estos casos, que el encuestador anote las observaciones y los datos tal como los suministra la empresa.

Los supervisores deben revisar que los formatos de las encuestas se hayan llenado correctamente, lo que incluye encabezados y demás columnas. Cualquier incompatibilidad debe corregirse o aclararse en conjunto con el encuestador responsable.

5.6.3 Procesamiento de la información y generación de resultados

Los datos de las encuestas de investigación de los costos de operación de unidades de transporte público deben resumirse y presentarse en un cuadro como el que se muestra en la figura 5.22.

RESUMEN ENCUESTAS DE OPERACIÓN DE BUSES																																																																																				
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:																																																																																
Día:		Hora final:		Hoja:																																																																																
De:																																																																																				
Empresa:																																																																																				
Tipo de vehículo:		Marca:	Modelo:																																																																																	
Recorrido promedio anual (km):		Índice de pasajeros por km (IPK):																																																																																		
1. Costos variables <table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>\$/km/veh.</th> <th>\$/año/veh.</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Combustible</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Lubricantes</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Llantas</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Servicios de estación</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mantenimiento</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Salarios y prestaciones</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 2. Costos fijos <table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>\$/km/veh.</th> <th>\$/año/veh.</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Garaje</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Impuestos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Seguros</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Administración</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 3. Costos de capital <table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>\$/km/veh.</th> <th>\$/año/veh.</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Recuperación de capital</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Remuneración</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> 4. Resumen de costos de operación <table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>\$/km/veh.</th> <th>\$/año/veh.</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Costos variables</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Costos fijos</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Costos de capital</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Costo total</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%	Combustible				Lubricantes				Llantas				Servicios de estación				Mantenimiento				Salarios y prestaciones				Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%	Garaje				Impuestos				Seguros				Administración				Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%	Recuperación de capital				Remuneración				Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%	Costos variables				Costos fijos				Costos de capital				Costo total			
Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%																																																																																	
Combustible																																																																																				
Lubricantes																																																																																				
Llantas																																																																																				
Servicios de estación																																																																																				
Mantenimiento																																																																																				
Salarios y prestaciones																																																																																				
Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%																																																																																	
Garaje																																																																																				
Impuestos																																																																																				
Seguros																																																																																				
Administración																																																																																				
Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%																																																																																	
Recuperación de capital																																																																																				
Remuneración																																																																																				
Concepto	\$/km/veh.	\$/año/veh.	%																																																																																	
Costos variables																																																																																				
Costos fijos																																																																																				
Costos de capital																																																																																				
Costo total																																																																																				
Observaciones:																																																																																				
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE		NOMBRE DEL ESTUDIO																																																																																	
NOMBRE:		NOMBRE:																																																																																		
FIRMA:		FIRMA:																																																																																		
CARGO:		CARGO:																																																																																		
FECHA:		FECHA:																																																																																		
ELABORÓ		REVISÓ		LOGO DEL CONTRATISTA																																																																																
				NOMBRE DEL CONTRATISTA																																																																																

Figura 5.22. Resumen encuestas de operación de buses.

Fuente:
Elaboración propia.

Tal como se observa, los datos deben convertirse a unidades homogéneas, tanto en (\$/km) como en (\$/año) para cada uno de los tipos de vehículos analizados. Los datos de recorrido promedio anual (RPA) y de pasajeros movilizados por unidad expresados en el índice de pasajeros por kilómetro (IPK) se obtienen de las encuestas a las empresas. Es muy importante que los datos presentados en el resumen correspondan a los resultados finales de la confrontación de las fuentes y procedimientos.

Los productos principales que se obtienen de un estudio de costos de operación de vehículos de transporte público corresponden a los costos fijos, variables y de capital en que incurren las empresas para prestar el servicio.

Los resultados de la investigación de costos de operación de unidades de transporte público deben analizarse por comparación entre las diferentes fuentes de datos, esto es, empresas, talleres, concesionarios y almacenes de repuestos. También, como análisis de los resultados obtenidos, se puede adoptar la comparación con investigaciones anteriores y en localidades similares a donde se realiza el estudio.

Tal como se ha expresado antes, la importancia del control de la información sobre los costos de operación de vehículos de transporte público es fundamental en la planeación, administración y control del servicio. De la confiabilidad de los resultados de la investigación de costos de operación de las unidades dependen planteamientos y políticas de gestión del transporte público en las ciudades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alceda Hernández, Ángel (1987). *La operación de los transportes*. México: Corporación Mexicana de Impresión.

ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos) (1990). Gerenciamiento de Transporte Público Urbano, *Instruções básicas*, 57 pp.

Box, Paul C. & Oppenlander, Joseph C. (1996). *Manual de estudios de ingeniería de tránsito*, cap. 12. México: Representaciones y servicios de ingeniería.

Consorcio Vial del Perú. Cal & Mayor y Asociados – Badallsa. Estudio de demanda de la red vial del Perú.

EBTU (Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos). Gerencia do Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP). Módulos de Treinamento. Planejamento da Operação 3 Característica do sistema. Seis módulos.

Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos (ETB). (1988). Gerencia do sistema de transporte público de passageiros. Módulos de treinamento. Planejamento da Operação. Elementos Intervinentes. Brasília, TTC.

Molinero, Molinero, Ángel R. & Sánchez Arellano, Ignacio (1996). *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración*. México: Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal, p. 364.

National Cooperative Highway Research Program (1986). *Traffic Data Collection and Analysis. Methods and Procedures*. Washington, D.C.: Transportation Research Board (TRB), Synthesis of Highway Practice # 130.

Ortúzar Salas, Juan de Dios (2000). *Modelos económicos de elección discreta*, 2000. p. 193.

Sedesol (1986). *Operación del transporte público. Manual normativo*, tomo V.

Transit Cooperative Research Program (1995). *Bus Route Evaluation Standards. A Synthesis of Transit Practice*. Washington, D.C.: TRB, National Research Council, TCRP, Synthesis # 10.

Urban Mass Transportation Administration (1985). *Transit Data Collection. Design Manual. Final Report*. DOT-I-85-38. Washington, DC: Umta, June.

6

Calidad en el Servicio del Transporte Público

CONTENIDO

6.1	PASO 1: OBSERVACIÓN	6-5
6.1.1	Preparación	6-5
6.1.2	Realización de la observación	6-7
6.1.3	Procesamiento de las observaciones	6-7
6.2	PASO 2: DETERMINACIÓN DE ATRIBUTOS RELEVANTES	6-7
6.2.1	La entrevista	6-8
6.3	PASO 3: CARACTERIZACIÓN DE ATRIBUTOS	6-11
6.3.1	La encuesta	6-12
6.4	PASO 4: CALIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	6-20
6.4.1	Calidad del servicio: deficiencias y atributos relevantes	6-20
6.4.2	Nivel de servicio: escalas	6-22
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6-26

FIGURAS

Figura 6.1	Formato de observaciones	6-6
Figura 6.2	Formato de entrevista a usuarios de transporte público	6-10
Figura 6.3	Encuesta de calidad en transporte público parte I	6-14
Figura 6.4	Encuesta de calidad en transporte público parte II	6-15
Figura 6.5	Caracterización de la comodidad en el transporte público	6-16
Figura 6.6	Caracterización de la rapidez en el transporte público	6-18
Figura 6.7	Caracterización de la seguridad en el transporte público	6-19
Figura 6.8	Caracterización de los costos del transporte público	6-21

TABLAS

Tabla 6.1	Niveles de servicio por tipo de vehículo	6-22
Tabla 6.2	Nivel de servicio para el tiempo de estadía en un paradero	6-23
Tabla 6.3	Ejemplo de los resultados de las escalas obtenidas	6-24
Tabla 6.4	Ejemplo de relación de escalas	6-24

En el presente capítulo se incluye la metodología para determinar los atributos relevantes de la calidad del servicio que se está ofreciendo en una ciudad y las características de las variables que inciden en la calidad del servicio en el transporte público colectivo urbano, ya que la falta de un método y de las técnicas adecuadas para indagar sobre la calidad del servicio ha ocasionado que las acciones que se formulen para hacer más eficiente el servicio de transporte público no produzcan los resultados esperados.

La base para este capítulo la constituye la investigación realizada por el ingeniero Domingo Dueñas, docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja, que dio pie al libro denominado *Transporte público urbano*. Para desarrollar el método se deben seguir cuatro pasos básicamente, los cuales son desarrollados en el presente capítulo.

- ♦ Paso 1: Observación.
- ♦ Paso 2: Determinación de los atributos de la calidad del servicio.
- ♦ Paso 3: Caracterización de los atributos de la calidad del servicio.
- ♦ Paso 4: Calidad y nivel de servicio.

6.1 PASO 1: OBSERVACIÓN

En el primer paso se deben efectuar las actividades de preparación, realización de la observación y el procesamiento respectivo.

6.1.1 Preparación

Definir los aspectos o elementos que hay que observar del sistema de transporte público y su entorno, tales como:

- ♦ Sitio de ascenso y descenso de pasajeros (paradero), señalización, demarcación, amplitud, cubierta, instalaciones, entre otros.
- ♦ En cuanto a los vehículos: en su aspecto exterior (limpieza, apariencia, entre otros), estado interior (altura de escalones, ancho de puertas, altura interior, ancho de pasillo, limpieza, entre otros), sillas (distribución, estado, amplitud, material, altura, ancho espaldar) y en general datos de ventilación, amplitud de ventanas, salidas de emergencia, pasamanos, iluminación, ruidos, olores, entre otros.
- ♦ En cuanto al servicio: se observan las frecuencias e intervalos, sinuosidad de recorridos, ocupación y demoras.
- ♦ En cuanto al conductor: presentación personal, trato al usuario, forma de conducción (principalmente arranque y detención) y comportamiento.
- ♦ Para la autoridad de tránsito: presentación personal, comportamiento en su labor, localización, atención al transporte público.
- ♦ En cuanto al usuario: edad, sexo y comportamiento.

El observador debe tener unas características específicas. Además de conocer sobre el sistema de transporte público en esa ciudad específica, debe ser muy detallista y conocedor de los aspectos relevantes de las actitudes y conductas de las personas. La selección de quienes realizan la observación debe hacerla, preferiblemente, un psicólogo y lo recomendable es que dichos observadores sean estudiantes de último año de psicología, a quienes se les instruirá sobre aspectos y objetivos del estudio, características del transporte público y lo que se desea observar.

Las observaciones se deben efectuar en días laborales y en períodos pico y no pico, en los diferentes elementos físicos del sistema de transporte (paraderos y vehículos). Lo recomendable es llevar un formulario denominado “diario de campo”, el cual es un cuaderno de notas, en el que se incluirán unos datos generales, tales como la fecha, lugar de observación, hora, tipo de situación, así como la relación de lo observado, que se acostumbra a llevar a través de una lista de aspectos que hay que observar, con sus correspondientes descripción y comentarios. A continuación se muestra el formato para realizar una observación:

DIARIO DE CAMPO PARA OBSERVACIONES					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:	
Día:		Hora final:			Hoja: De:
¿Está localizado?					
¿Señalizado?					
Tipo de señales:					
¿Demarcado?					
¿Tipos de marcas?					
ASPECTOS	OBSERVACION				
Observaciones:					
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE			NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:		NOMBRE:		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:		FIRMA:			
CARGO:		CARGO:			
FECHA:		FECHA:			
ELABORÓ			REVISÓ		

Figura 6.1.
Formato de observaciones.

Fuente:
Adaptación de la encuesta en la ciudad de Tunja.

6.1.2 Realización de la observación

Se procede a efectuar la observación asignando, para cada elemento del sistema de transporte que hay que observar, su personal específico de observadores con un supervisor por cada cuatro de ellos. La observación se realiza de acuerdo con el tipo de elemento. A manera de ejemplo, se tendrá lo siguiente:

- ♦ En los sitios de detención de los vehículos (tres a cuatro lugares), según el uso del suelo (residencial, comercial, institución, entre otros).
- ♦ En los vehículos, dentro de ellos, durante uno o dos recorridos y en diferentes clases de vehículos (bus, buseta, colectivo).
- ♦ Para el servicio se realiza la observación en puntos fijos y dentro del vehículo. En los puntos fijos se buscan los tramos más cargados de la red de transporte público y se establecen ocupación y frecuencia durante cortos períodos de tiempo (media hora en período pico y media hora en período no pico). Dentro del vehículo, se efectúan uno o dos recorridos por clase de vehículo, estableciendo demoras con sus posibles causas y sinuosidad del itinerario.
- ♦ La observación del conductor se efectúa durante un recorrido para cada clase de vehículo.
- ♦ Para usuarios, lo recomendable es que se observen personas por edad, describiendo y detallando sus actitudes en el paradero y dentro del vehículo.

Para todos los casos el observador registra, durante el desarrollo de las observaciones, todos los aspectos relativos a ella, así como sus comentarios e impresiones; de ahí lo importante que resulta una adecuada selección de los observadores.

6.1.3 Procesamiento de las observaciones

Una vez hecha la observación, se procede a organizar los resultados obtenidos de la misma, y se realiza, preferiblemente, con la colaboración del personal utilizado en la toma de la información. En primer lugar, se efectúa una revisión general de los diarios de campo, clasificándolos por elemento observado para aclarar las anotaciones que sean necesarias, con la colaboración de todos los observadores y con el fin de generar nuevas ideas o percepciones. Posteriormente, se realizan las siguientes acciones a cada elemento observado:

- ♦ Se organiza la información de acuerdo con cada aspecto observado (por ejemplo, en los paraderos, se diferencia entre localizados y no localizados).
- ♦ Tabulación o graficación de la información susceptible de ser llevada a este tipo de presentación.
- ♦ Se esquematizan y relacionan las descripciones cualitativas obtenidas.
- ♦ Interpretación de las tablas, gráficos, esquemas, entre otros.

De esta técnica se obtiene una primera determinación de variables y atributos que caracterizan la calidad del servicio de transporte, así como la apreciación de las deficiencias en dicha calidad del servicio con sus posibles causas.

6.2 PASO 2: DETERMINACIÓN DE ATRIBUTOS RELEVANTES

Ya se mencionó que son varios los atributos que inciden en la calidad del servicio del transporte público colectivo urbano, pero es conveniente determinar cuáles son los que en

un momento dado consideran los usuarios de mayor incidencia, con el propósito de caracterizarlos y establecer si satisfacen los deseos de dichos usuarios; si es así, se promueve la conservación de ese tipo de calidad de servicio, representada por el atributo, pero si se detectan deficiencias es necesario formular e implementar las acciones conducentes a mejorar el atributo y así obtener una mayor calidad del servicio. En esta parte del proceso se integran la determinación y la caracterización de atributos con el planeamiento operativo del transporte público colectivo.

De acuerdo con lo anterior, es conveniente determinar los atributos del servicio de transporte que el usuario de una ciudad específica considera importantes y caracterizar dichos atributos, indagando sobre las variables que inciden en ellos. Para la determinación de los atributos relevantes de la calidad del servicio de transporte en un momento dado y con un entorno urbano predeterminado, se sugiere una técnica muy utilizada en las ciencias sociales: la entrevista.

Con la entrevista, se busca determinar los atributos que el usuario considera realmente importantes; en ese sentido, se recomienda utilizar entrevistas colectivas con el fin de orientar, a través de preguntas abiertas, la participación de los entrevistados hacia el enfoque de lo que consideran relevante en la calidad del servicio de transporte público. La entrevista finaliza con el diligenciamiento de un formulario por medio del cual se jerarquizan los atributos relevantes detectados en la entrevista en sí. Su descripción es la siguiente.

6.2.1 La entrevista

El propósito de utilizar esta técnica es recoger información a través de opiniones, conceptos, críticas, ideas y datos, sobre cómo los usuarios perciben, conciben e interpretan la

calidad del servicio de transporte público colectivo urbano en buses, para poder establecer lo deseable de dicho servicio y determinar los principales atributos o variables (según sea el caso) que inciden en él, jerarquizándolos de acuerdo con la percepción que manifiesta dicho usuario.

En los estudios sobre calidad del servicio de transporte público colectivo se recomienda que la entrevista tenga las siguientes características:

- ♦ Que sea colectiva (cuatro a ocho entrevistados), buscando que se presente más naturalidad, confianza en expresar conceptos y facilidad para debatir opiniones y obtener ideas y conclusiones.
- ♦ Que las preguntas sean sobre:
 - Hechos, para aclarar el tema de la entrevista.
 - Acciones, para saber cómo perciben los entrevistados las bondades o las deficiencias del transporte público.
 - Situaciones, para comprender mejor los atributos que se están percibiendo de la calidad del servicio, escudriñar sobre sus causas y poder interpretar su relevancia.
 - Opiniones, para entender o interpretar lo que los usuarios desean del servicio y cómo lo conciben.
- ♦ Que las preguntas sean, en lo posible, abiertas, para conocer la opinión del usuario con sus propias palabras, tal como lo percibe, concibe e interpreta, pero complementado con preguntas cerradas para precisar, puntualizar y cuantificar ciertos aspectos que así lo requieren, como por ejemplo la determinación y jerarquización de atributos.

Entrevista para la determinación de atributos relevantes

Como en la técnica de la observación, para el desarrollo de ésta se realizan tres actividades: la preparación de la entrevista, su desarrollo y el procesamiento y organización de la información recolectada.

Preparación de la entrevista

En esta etapa, en la que se establece qué se va a indagar y cómo y quién realiza la recolección de información, se incluyen los siguientes aspectos:

- ♦ *Elaboración del formulario.* Se deben elaborar dos formularios: uno con preguntas abiertas para conocer la opinión de los usuarios y otro con preguntas cerradas para determinar atributos relevantes. En el formulario de preguntas abiertas se incluirán interrogantes sobre hechos, acciones, situaciones y opiniones. A manera de ejemplo, se formulan las siguientes preguntas:
 - Hechos: ¿Cómo utiliza el servicio de transporte público?
 - Acciones: ¿Cómo se podría mejorar dicha calidad?
 - Situaciones: ¿Por qué hay tantos accidentes ocasionados por el transporte público?
 - Opiniones: ¿Cómo considera que debería ser un buen servicio de transporte público?
- ¿Cuáles son los factores que inciden en el buen servicio?

El formulario de preguntas cerradas se utiliza, como ya se mencionó, para puntualizar los atributos relevantes desde el punto de vista del usuario. A continuación se presenta el formato,

en el cual los entrevistados jerarquizan los tres principales atributos, teniendo la oportunidad de adicionar comentarios.

Logística

Una vez establecidos los tamaños muestrales se procede a definir la cantidad de personal necesario y programar cada una de las actividades que hay que ejecutar en la recogida de datos, determinando sitios y períodos.

Con base en el tamaño muestral, se determina el número de entrevistadores necesarios, los cuales se deben seleccionar y capacitar. Para la selección es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos de la persona:

- ♦ En lo posible, que sea estudiante universitario, preferentemente de psicología, que entienda la importancia de cada pregunta y la función de su trabajo dentro del estudio.
- ♦ Que sea muy ágil mentalmente.
- ♦ Que no tenga prejuicios hacia cierto tipo de personas.
- ♦ Que sepa escuchar y deje hablar libremente.
- ♦ Que su apariencia personal sea adecuada al medio donde pregunta.

La capacitación se debe realizar, no sólo referente a los cuestionarios sobre los que versa la entrevista, sino también sobre los objetivos del estudio y la incidencia que tendrá la información que recogerán. La capacitación se culmina con una prueba piloto que sirve para familiarizar al entrevistador con su función y para realizar algunos ajustes en los formularios.

Desarrollo de la entrevista

La entrevista se hace a grupos de cuatro a ocho personas y con uno o dos entrevistadores (uno realiza la entrevista y el otro actúa como observador). Lo deseable es usar graba-

ENTREVISTA A USUARIOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:	
Día:		Hora final:		Hoja: De:	
ATRIBUTO	Importancia	SE REFIERE A:		COMENTARIOS	
Seguridad					
Rapidez					
Puntualidad					
Costo de transporte					
Comodidad					
Accesibilidad					
Necesidad de transbordos					
...					
...					
...					
Observaciones:					
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE			NOMBRE DEL ESTUDIO	
NOMBRE:	NOMBRE:			LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA
FIRMA:	FIRMA:				
CARGO:	CARGO:				
FECHA:	FECHA:				
ELABORO			REVISO		

Figura 6.2.
Formato de entrevista a usuarios de transporte público.

Fuente:
Adaptación de la encuesta en la ciudad de Tunja.

dora o en último caso un cuaderno para hacer anotaciones rápidas sobre lo expresado por los entrevistados, lo que se completa tan pronto finaliza la sesión.

El entrevistador realiza las siguientes funciones:

- ♦ Presenta los objetivos del estudio, su importancia y los temas que se van a tratar en la entrevista.
- ♦ Formula las preguntas, comenzando por las de hechos y terminando por las de opinión.
- ♦ Dirige el grupo y estimula su participación.
- ♦ Controla el tiempo de duración de las intervenciones.

Cuando no se está grabando, se requiere la presencia de un observador con la función de tomar nota sobre los conceptos y opiniones expresados, y sobre las características de los entrevistados; además, debe participar discretamente para generar confianza en el grupo.

La entrevista se divide en tres partes: la primera es la introducción, en la cual se presenta el entrevistador, da información sobre el objetivo del estudio, los temas de la entrevista, el porqué se seleccionó ese grupo y la utilidad del estudio. La segunda, que corresponde a las preguntas abiertas con sus respuestas, es la de mayor cuidado; si se está grabando, se facilita su desarrollo; como ya se mencionó, se inicia con preguntas sobre hechos, en especial el relato de los entrevistados sobre la clase de vehículo que utilizan, la frecuencia de utilización y el servicio que reciben, y se termina con las preguntas de opinión orientadas hacia la percepción que tienen de los factores o atributos que, a su juicio, inciden en la calidad del servicio. Es aconsejable disponer de un papelógrafo (o una hoja de papel) para ir anotando los diferentes atributos y variables que indican los participantes para, entre todos, unificarlos y así pasar a la tercera

parte en la cual, utilizando preguntas cerradas, se determinan los atributos relevantes, jerarquizándolos según su importancia. Para esta última parte se trabaja con subgrupos de dos personas para que entre ellos discutan y sopesen la jerarquización que van a proponer.

Procesamiento y organización de la información

Se realiza manualmente, transcribiendo las grabaciones, estableciendo las palabras claves de dichas grabaciones y tabulando los resultados de las preguntas cerradas, obteniendo así información sobre la percepción, concepto y opinión que tienen los usuarios de la calidad del servicio de transporte público que están recibiendo, pudiendo así determinar los atributos que inciden en dicha calidad y establecer la causa aparente de las deficiencias percibidas por el usuario, aspectos esenciales para el diseño de la encuesta y para la posterior formulación de acciones correctivas de las deficiencias declaradas.

6.3 PASO 3: CARACTERIZACIÓN DE ATRIBUTOS

Una vez determinados los atributos que el usuario considera relevantes en la calidad del servicio de transporte en la ciudad en estudio, se deben establecer los aspectos que identifican dichos atributos y que permiten diferenciarlos y establecer su magnitud. Se recomiendan dos enfoques para dicha caracterización: un primer enfoque simultáneo por el cual, a través de una encuesta, se determinan las variables que inciden en los atributos relevantes, estableciendo la percepción que tiene el usuario de cada una de ellas. El otro enfoque busca una mayor precisión en la caracterización de los atributos, siendo así como se toma cada atributo, y aplicando diferentes téc-

nicas (entrevista o encuesta) se establecen las características particulares del atributo. El hecho de utilizar una o más técnicas depende de si se quiere cualificar y cuantificar el atributo, pero por lo general para la cuantificación únicamente se utiliza la encuesta.

6.3.1 La encuesta

Es la forma de indagar sobre calidad del servicio en el transporte público más utilizada. Se parte de la premisa de que si se quiere conocer sobre cómo es la calidad percibida o declarada del servicio, desde el punto de vista del usuario, lo mejor es preguntárselo. Se basa en requerir información a un grupo de personas (muestra) acerca de la calidad del servicio del transporte público y luego, mediante un análisis cuantitativo, sacar conclusiones que correspondan a los datos recogidos y se puedan generalizar a la población de la cual forma parte el grupo, con un margen de error aceptable, conocido y limitado por el analista.

La encuesta tiene como ventajas la rapidez, facilidad de procesamiento y principalmente la posibilidad de realizar la recolección de datos por personas que no necesariamente conozcan del tema y de la forma de realizar, por ejemplo, observaciones o entrevistas. Su principal desventaja es que se reduce el campo de información al quedar sujeto a un listado predeterminado, pero depende de la manera como se diseñe el formulario y el uso que se les dé a las respuestas obtenidas. Si en la entrevista era vital el entrevistador, en este caso lo esencial es el buen diseño del formulario.

La encuesta tiene las siguientes características:

- ♦ Las mismas preguntas para todos los encuestados.
- ♦ Las preguntas tienen formulación fija.
- ♦ Las respuestas se registran en el mismo formulario.

- ♦ Está orientada, principalmente, hacia la obtención de datos cuantitativos.
- ♦ Las preguntas, normalmente, son cerradas o medio abiertas.
- ♦ La encuesta no permite obtener información más profunda.

El formulario

La elaboración del formulario es la principal actividad en la técnica de recopilación de información a través de encuestas. Para esto se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ♦ Formular las preguntas de acuerdo con los datos que se necesitan.
- ♦ Ajustar el lenguaje al de los encuestados.
- ♦ Evitar preguntas confusas.
- ♦ Darle un orden, iniciando con datos generales, posteriormente información sobre calidad percibida (con base en el último viaje), luego información sobre calidad declarada (con base en la globalidad de los viajes), para finalizar con información sobre las características socioeconómicas del encuestado (opcional, de acuerdo con el tipo de estudio).

Desarrollo de la toma de información

De manera similar a la entrevista, la toma de información con la encuesta se hace en tres partes: primero se efectúa una introducción en la cual se presenta el encuestador, informa al usuario sobre el objeto del estudio y el carácter anónimo de la encuesta; luego se ejecuta la parte central, en la cual el encuestador diligencia el formulario, preguntándole en forma ordenada al encuestado; si es necesario, explica las preguntas, procurando que el desarrollo de la encuesta no se considere tipo examen, sino que se enmarque más bien en una conversa-

ción agradable; la parte final de la encuesta corresponde a la anotación de comentarios por parte del encuestador sobre el desarrollo de la encuesta, especialmente su percepción sobre la objetividad y seriedad con que el encuestado respondió a las preguntas.

El sitio para la realización de la encuesta debe ser tal que permita su desarrollo sin interferencias. Lo recomendable es que sea el sitio de residencia del encuestado o su lugar de trabajo.

Procesamiento y organización de la información

La información resultante de las encuestas, dada su cantidad y diversidad variables, se debe almacenar en medio magnético, lo cual exige digitar, verificar y depurar la información.

Para su procesamiento y organización se utilizan programas sencillos, elaborados según el objeto de cada encuesta; sus resultados, normalmente, se presentan a través de tablas que permiten su rápida consulta y facilitan la interpretación de los resultados obtenidos.

Tipos de formularios recomendados

A continuación se muestran los formularios recomendados. En primer lugar, se presenta un formulario para encuesta simultánea en el cual, tal como su nombre lo indica, en un solo cuestionario se indaga sobre la calidad percibida y declarada de todos los atributos relevantes y algunas de las variables que inciden en ellos. En segundo término, se muestran los formularios para recoger información sobre ciertos atributos, como la comodidad, la rapidez, la seguridad y el costo de transporte; para su diseño se tomaron en cuenta los objetivos particulares de cada atributo, dando lugar a que en casos como el del atributo seguridad los datos obtenidos permitan más un análisis

cualitativo que cuantitativo, dada la característica propia de dicho atributo.

Formulario simultáneo para caracterización de atributos

Consta de cinco cuerpos. El primero comprende preguntas generales sobre el servicio de transporte, el segundo hace referencia a preguntas sobre la calidad percibida, el tercero contiene preguntas sobre la calidad declarada con respecto a los diferentes elementos del sistema de transporte público, en el cuarto se incluyen preguntas de características generales del encuestado y el quinto sobre sus características socioeconómicas. El formulario es el siguiente.

Formulario para caracterizar el atributo comodidad

Se recomienda el siguiente formulario para la toma de información, el cual se divide en tres partes. La primera es de información general, en la que se indaga sobre algunos aspectos particulares del encuestado en cuanto a sexo, edad, estatura y sobre el número de viajes que realiza. En la segunda parte, hay preguntas específicas referentes a variables relacionadas con las características internas del vehículo, del conductor, de la educación del usuario y de la actitud de la autoridad de tránsito. Finalmente, en la tercera parte se indaga sobre la forma como pondera la comodidad en relación con la ocupación del vehículo.

En el formulario se incluyen preguntas cerradas, con el propósito de que el encuestado seleccione una de ellas, preguntas tipo abanico para que escoja varias opciones y las jerarquice, y preguntas a través de una escala gráfica, con el objeto de calificar la variable en estudio; esta escala está dividida en dos partes similares de 0 a 5, las cuales representan aspectos contrarios (por ejemplo, inadecuado - adecuado), el

encuestado se ubica en una de las partes y sobre ella califica la variable.

A continuación se presenta el formulario recomendado para la encuesta de caracterización del atributo comodidad.

Formulario para caracterizar el atributo rapidez

Como en cualquier caso, de las encuestas para caracterizar atributos, el diseño del formu-

lario obedece a los objetivos del estudio. Este trabajo, presumiendo que el objeto es conocer más a fondo aspectos relacionados con el atributo rapidez, tiene como propósito determinar cuantitativamente la ponderación que da el usuario a cada uno de los tiempos que requiere para las diferentes fases en un desplazamiento y relacionar estos datos con una escala de calidad de servicio. En ese sentido, para el diseño del formulario se deben estudiar, como míni-

ENCUESTA A USUARIOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO SOBRE LA CALIDAD DEL SERVICIO																																																																
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:																																																												
Día:		Hora final:		Hoja: De:																																																												
No incluya información relacionada con taxis																																																																
1 GENERALES Cuántos viajes al día realiza en transporte público ____ viajes/día De los siguientes tipos de transporte público, cuál utiliza más: Bus ____ Busetta ____ Microbús ____ Prefiere esperar el transporte público en: Paradero ____ Cualquier parte ____ 2 EN CUANTO A SU ÚLTIMO VIAJE El número de cuadras que caminó desde donde salió hasta el lugar donde abordó el vehículo fue de ____ (cuadras caminadas) El tiempo promedio de espera del vehículo fue de ____ minutos Tiempo promedio de viaje en el vehículo fue de ____ minutos El pago lo realizó: Al subir ____ Al bajar ____ Una vez ubicado ____ El tipo de vehículo que utilizó en este último viaje fue: Bus ____ Busetta ____ Microbús ____ Lugar de origen del viaje: _____ Destino _____ Propósito o motivo del último viaje Trabajo ____ Estudio ____ Compras ____ Recreación ____ Trámites o diligencias ____ Otros ____ Considera que este último viaje fue: Cómodo: _____ Sí ____ No ____ Seguro: _____ Sí ____ No ____ Rápido: _____ Sí ____ No ____ 3 POR FAVOR, CALIFIQUE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE TPCU Tipo de vehículo que utiliza _____ <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 10%;">Excelente</th> <th style="width: 10%;">Bueno</th> <th style="width: 10%;">Regular</th> <th style="width: 10%;">Malo</th> <th style="width: 10%;">Pésimo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En relación con el conductor</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>La cortesía es:</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>El cuidado al manejar es:</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>El respeto al peatón es:</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>El respeto a las normas de tránsito es:</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>La información proporcionada es:</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>La consideración a personas especiales es:</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>El cuidado al medio físico es: (botar basuras)</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>La presentación personal es:</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>						Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo	En relación con el conductor						La cortesía es:						El cuidado al manejar es:						El respeto al peatón es:						El respeto a las normas de tránsito es:						La información proporcionada es:						La consideración a personas especiales es:						El cuidado al medio físico es: (botar basuras)						La presentación personal es:					
	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo																																																											
En relación con el conductor																																																																
La cortesía es:																																																																
El cuidado al manejar es:																																																																
El respeto al peatón es:																																																																
El respeto a las normas de tránsito es:																																																																
La información proporcionada es:																																																																
La consideración a personas especiales es:																																																																
El cuidado al medio físico es: (botar basuras)																																																																
La presentación personal es:																																																																

Figura 6.3.
Encuesta de calidad en transporte público (parte I).

Fuente:
Adaptación de la encuesta de calidad realizada en la ciudad de Tunja.

Figura 6.4.
Encuesta de
calidad en
transporte
público
(parte II).

ENCUESTA A USUARIOS DEL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO SOBRE LA CALIDAD DEL SERVICIO																													
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:																									
Día:		Hora final:		Hoja: De:																									
No incluya información relacionada con taxis																													
En relación con el vehículo La limpieza y mantenimiento es: La seguridad en el vehículo es: La iluminación es: La ambientación musical es: El estado de los asientos es: La altura del vehículo es: La comodidad es: La ventilación es: La ubicación de las sillas es: La amplitud del pasillo es: La facilidad de desplazamiento interno es:																													
	Excelente	Bueno	Regular	Malo																									
	Pésimo																												
En relación con el lugar donde toma el vehículo La limpieza es: La seguridad es: La iluminación es: La comodidad es: La facilidad de acceso es: La localización es:																													
	Excelente	Bueno	Regular	Malo																									
	Pésimo																												
En relación con los viajes El tiempo que gasta del origen al paradero es: El tiempo en el lugar donde toma el vehículo es: El tiempo en el vehículo es: El tiempo desde donde desciende del vehículo al La tarifa es: La comodidad es:																													
	Excelente	Bueno	Regular	Malo																									
	Pésimo																												
4. CARACTERÍSTICAS DEL ENCUESTADO Sexo: Hombre _____ Mujer _____ Edad en años: 12 a 18 _____ 18 a 25 _____ 25 a 55 _____ más de 55 _____ Ocupación: _____ Empleado _____ Trabajador independiente _____ Ama de casa _____ Obrero _____ Trabajador ocasional _____ Desempleado _____ Pensionado _____ Estudiante _____ Primaria _____ Secundaria _____ Universidad _____ Número de vehículos particulares en la familia: 0 _____ 1 _____ 2 _____ más de 2 _____																													
5 SI DESEA, RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS Tiene ingresos? Sí _____ No _____ El promedio de ingresos mensuales es de: 0 a \$200.000 _____ \$200.000 - \$400.000 _____ \$400.000 - \$600.000 _____ \$600.00 - \$1.000.000 _____ Más de \$1.000.000 _____																													
Observaciones:																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">LOGO CONTRATANTE</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">NOMBRE DEL ESTUDIO</td> </tr> </table>					LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																						
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">NOMBRE:</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;">NOMBRE:</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>FIRMA:</td> <td></td> <td>FIRMA:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CARGO:</td> <td></td> <td>CARGO:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FECHA:</td> <td></td> <td>FECHA:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ELABORÓ</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">REVISÓ</td> <td></td> </tr> </table>					NOMBRE:		NOMBRE:			FIRMA:		FIRMA:			CARGO:		CARGO:			FECHA:		FECHA:			ELABORÓ		REVISÓ		
NOMBRE:		NOMBRE:																											
FIRMA:		FIRMA:																											
CARGO:		CARGO:																											
FECHA:		FECHA:																											
ELABORÓ		REVISÓ																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">LOGO DEL CONTRATISTA</td> <td style="width: 80%; text-align: center;">NOMBRE DEL CONTRATISTA</td> </tr> </table>					LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA																							
LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA																												

Fuente:
Adaptación de la
encuesta en la
ciudad de Tunja.

FORMATO ATRIBUTO COMODIDAD														
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:		Hoja:								
Día:		Hora final:				De:								
PREGUNTAS GENERALES														
Sexo ☐ F ☐ M		Edad años		Estatura metros										
¿Cuántos viajes realiza al día?		¿Dónde vive? Barrio												
PREGUNTAS ESPECÍFICAS														
¿Cuál es el tipo de servicio que más utiliza?		Bus ☐		Buseta ☐		Colectivo ☐		Transmilenio ☐						
								Ejecutivo ☐						
Los siguientes aspectos se han identificado como causantes de incomodidad. Escoga los cinco más importantes														
☐	Poco espacio entre sillas	☐	Viajar de pie - sobrecupo											
☐	Poca altura interior del vehículo	☐	Mal estado de los sitios de parada											
☐	Puerta angosta	☐	Mala limpieza del vehículo											
☐	Mala educación del conductor	☐	Pasillo estrecho											
☐	Demoras en el viaje	☐	Escalones muy altos											
☐	Poca ventilación	☐	Sillas en mal estado											
☐	Otro ¿Cuál?													
La mala actitud del conductor, por ejemplo, mal trato al usuario, etc., las atribuye, en orden de importancia a:														
Falta de educación ☐		Estrés ☐		Guerra del centavo ☐										
Otro ☐		¿Cuál?												
Califique la educación del conductor según los siguientes aspectos:														
Relaciones humanas		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
Capacidad para conducir		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
Respeto por las normas de tránsito		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
Cómo considera el control que ejercen los agentes de tránsito sobre el servicio de transporte público														
		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
Del vehículo de transporte público que utiliza normalmente, califique los siguientes aspectos:														
Espacio entre sillas		Estrecho	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Amplio
Altura interna		Bajo	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Alto
Altura escalones		Bajo	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Alto
Altura de la puerta		Baja	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Alta
Ancho de la puerta		Estrecho	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Amplia
Dimensiones de las sillas		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
Ubicación de accesorios ***		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
Amplitud del pasillo		Estrecho	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Amplio
Limpieza		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
Ventilación		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
*** agarraderas, registradora, gomas de las salidas de emergencia, etc.														
¿Cuánto influyen las demoras en la comodidad del viaje														
		Mucho	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Poco
Cómo considera que es la educación del usuario en cuanto al uso del servicio (uso de paraderos, trato al conductor, etc.)														
		Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
PONDERACIÓN DE LA COMODIDAD EN RELACIÓN CON LA OCUPACIÓN DEL VEHÍCULO														
Tipo de vehículo		Número de pasajeros que considera pueden ir en el vehículo para que la comodidad sea:												
Buseta ☐		Excelente		Buena		Regular		Mala		Pésima				
Colectivo ☐														
Transmilenio ☐														
Alimentador ☐														
Ejecutivo ☐														
Observaciones:														
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE				NOMBRE DEL ESTUDIO								
NOMBRE:		NOMBRE:				NOMBRE DEL CONTRATISTA								
FIRMA:		FIRMA:				NOMBRE DEL CONTRATISTA								
CARGO:		CARGO:				NOMBRE DEL CONTRATISTA								
FECHA:		FECHA:				NOMBRE DEL CONTRATISTA								
ELABORÓ		REVISÓ				NOMBRE DEL CONTRATISTA								

Figura 6.5.
Caracterización
de la comodidad
en el transporte
público.

Fuente:
Adaptación
encuesta de la
ciudad de Tunja.

mo, las cuatro variables básicas que inciden en el tiempo de viaje, las cuales son: tiempo entre el origen real y el paradero (t1), tiempo de espera en el paradero (t2), tiempo en el vehículo (t3) y tiempo del paradero al destino real (t4). Cada una de las variables se obtiene preguntando al usuario sobre tiempos o distancias (según sea el caso), correspondientes al último viaje que realizó en el transporte público, es decir, corresponde a la percepción del usuario de dichos tiempos o distancias. Los tiempos t1 y t4 se obtienen preguntando la distancia caminada expresada en cuerdas (cien metros) y fácilmente transformable en minutos (conocida la velocidad promedio de desplazamiento peatonal). Las variables t2 y t3 se expresan en minutos y corresponden al tiempo declarado por el usuario.

Tomando en cuenta que la percepción de estas variables puede depender del propósito del viaje, es conveniente incluir en el formulario preguntas sobre cuál fue el propósito de su último viaje, la hora en que se realizó y la clase de vehículo. El formato del formulario recomendado se muestra en la figura 6.6.

Formulario para caracterizar el atributo seguridad

El atributo seguridad se caracteriza más cualitativa que cuantitativamente. En ese sentido, para su interpretación es muy útil utilizar como técnica la entrevista, complementada con una encuesta cuyo propósito sea obtener datos que permitan establecer la calificación de la calidad del servicio en lo referente a la seguridad con base en declaraciones de los usuarios.

La encuesta debe incluir preguntas que permitan conocer la valoración que declara el encuestado con respecto a los elementos del sistema de transporte público que inciden en la seguridad. En tal sentido, se deben incluir los siguientes aspectos:

En cuanto a la valoración del conductor

- Trato al pasajero
- Actitud ante las normas de tránsito
- Estado de ánimo
- Forma de conducción
- Comportamiento en general

En cuanto a la valoración del paradero

- Señalización
- Características físicas
- Seguridad

En cuanto a la valoración del vehículo

- Edad
- Estado mecánico
- Características internas
- Seguridad

En cuanto a la valoración de la autoridad de tránsito

- Cubrimiento espacial y temporal
- Aplicación de medidas correctivas y preventivas
- Actuación

El formulario sugerido se presenta en la figura 6.7.

Formulario para la caracterización del atributo costo de transporte

La caracterización de este atributo está directamente relacionada con todos los atributos que inciden en la calidad del servicio. Por tal razón, lo común al utilizar la técnica de la encuesta para indagar sobre el costo de transporte es con el propósito de determinar la relación entre la tarifa y los ingresos promedio en el área en estudio, para poder establecer así una escala que represente el peso de la anterior relación con respecto a diferentes niveles de calidad del servicio. En ese sentido, se indaga sobre las características socioeconómicas

FORMATO ATRIBUTO RAPIDEZ																					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:	Hoja:																
Día:		Hora final:			De:																
Sexo ☐ F ☐ M Edad años ¿Cuál fue el propósito de su último viaje en transporte público? ☐ Trabajo ☐ Estudio ☐ Otro ☐ Compras ☐ Hogar ☐ ¿Cuál? ¿A qué hora realizó ese viaje? ¿Llevaba afán en ese viaje? Sí ☐ No ☐ ¿Qué tipo de vehículo utilizó en ese último viaje? Bus ☐ Buseta ☐ Colectivo ☐ Transmilenio ☐ Ejecutivo ☐ ¿De dónde salió? ¿A dónde llegó? ¿Cuántas cuadras caminó desde su sitio hasta el lugar donde tomó el vehículo? ¿Cómo considera esa distancia caminada? Excelente ☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala ☐ Pésima ☐ En ese último viaje, ¿cuánto tiempo debió esperar el vehículo? minutos Considera que esa cantidad de tiempo es Excelente ☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala ☐ Pésima ☐ ¿Cuánto tiempo duró en ese último viaje dentro del vehículo? minutos Considera que esa cantidad de tiempo es Excelente ☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala ☐ Pésima ☐ ¿Realizó ese viaje o parte de él de pie? Sí ☐ No ☐ ¿Cuántas cuadras debo caminar desde el sitio del vehículo hasta su destino final? ¿Cómo considera esa distancia caminada? Excelente ☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala ☐ Pésima ☐ ¿Cree que se deberían establecer sitios específicos para recoger y dejar pasajeros? Sí ☐ No ☐ Si responde Sí, formule la siguiente pregunta ¿Cuántas cuadras estaría dispuesto a caminar hasta ese sitio? En condiciones normales, de los siguientes tiempos de viaje, ¿cuál considera el más molesto? ☐ Tiempo de caminado del origen al paradero ☐ Tiempo de espera en el paradero ☐ Tiempo en el vehículo ☐ Tiempo caminando desde el paradero hasta el destino																					
Observaciones:																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">LOGO CONTRATANTE</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE</td> <td style="width: 45%; text-align: center;">NOMBRE DEL ESTUDIO</td> </tr> </table>						LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO													
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">NOMBRE:</td><td></td></tr> <tr><td>FIRMA:</td><td></td></tr> <tr><td>CARGO:</td><td></td></tr> <tr><td>FECHA:</td><td></td></tr> </table>		NOMBRE:		FIRMA:		CARGO:		FECHA:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%;">NOMBRE:</td><td></td></tr> <tr><td>FIRMA:</td><td></td></tr> <tr><td>CARGO:</td><td></td></tr> <tr><td>FECHA:</td><td></td></tr> </table>				NOMBRE:		FIRMA:		CARGO:		FECHA:	
NOMBRE:																					
FIRMA:																					
CARGO:																					
FECHA:																					
NOMBRE:																					
FIRMA:																					
CARGO:																					
FECHA:																					
ELABORÓ		REVISÓ		LOGO DEL CONTRATISTA	NOMBRE DEL CONTRATISTA																

Figura 6.6.
Caracterización
de la rapidez en
el transporte
público.

Fuente:
Adaptación de la
encuesta en la
ciudad de Tunja.

Figura 6.7.
Caracterización
de la seguridad
en el transporte
público.

FORMATO ATRIBUTO SEGURIDAD																								
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:				Hoja:																
Dia:		Hora final:						De:																
Sexo ☐ F ☐ M		Edad		años																				
¿Cuál es el tipo de servicio que más utiliza?				Bus ☐		Buseta ☐		Colectivo ☐		Transmilenio ☐														
										Ejecutivo ☐														
Califique los siguientes aspectos del conductor del vehículo de transporte público																								
Trato al pasajero		Inadecuado		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuado	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Actitud al conducir		Inadecuada		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Estado de ánimo		Malo		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Bueno	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Forma de arranque		Brusca		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Suave	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Atención al conducir		Distraído		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Concentrado	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Comportamiento en general *		Inadecuado		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuado	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
* Comportamiento con respecto a semáforos, velocidad, sobrecupo, puerta cerrada, etc.																								
Califique los siguientes aspectos del paradero																								
Señalización		Escasa		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Suficiente	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Mantenimiento		Inadecuada		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Instalaciones		Inadecuada		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Seguridad		Inseguro		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Seguro	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Califique los siguientes aspectos de vehículo de servicio público																								
Edad		Viejo		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Nuevo	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Estado mecánico		Malo		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Bueno	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Altura de la puerta		Inadecuada		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Ubicación de las sillas		Inadecuada		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Ubicación de los accesorios		Inadecuada		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Seguridad		Inseguro		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Seguro	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Califique los siguientes aspectos de la autoridad de tránsito																								
Cubrimiento espacial		Escaso		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Suficiente	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Tiempo dedicado		Escaso		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Suficiente	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Medidas correctivas tomadas		Escasas		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Suficientes	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Medidas preventivas tomadas		Escasas		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Suficientes	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Actuación		Inadecuada		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
¿Cómo considera que cada uno de los siguientes aspectos inciden en la seguridad del transporte público																								
Conductor		Poco		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Mucho	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Vehículo		Poco		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Mucho	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Paradero		Poco		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Mucho	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Autoridad del Tránsito		Poco		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> </table>								5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Mucho	
5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5														
Observaciones:																								
LOGO CONTRATANTE		NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE						NOMBRE DEL ESTUDIO																
NOMBRE:		NOMBRE:						LOGO DEL CONTRATISTA		NOMBRE DEL CONTRATISTA														
FIRMA:		FIRMA:																						
CARGO:		CARGO:																						
FECHA:		FECHA:																						

Fuente:
Adaptación de la
encuesta en la
ciudad de Tunja.

de los usuarios del servicio, las tarifas y su apreciación sobre diferentes valores de tarifa.

El formulario recomendado consta de cuatro cuerpos: el primero contiene los datos generales del encuestado, el segundo corresponde a las preguntas sobre el promedio de viajes diarios, el tipo de vehículo que usa y la razón de su utilización; el tercer cuerpo del formulario contiene las preguntas respecto a la tarifa, tales como la apreciación que de ella tiene el encuestado, si está dispuesto a pagar mayor tarifa al mejorar algunos aspectos del sistema de transporte, así como su opinión sobre diferentes valores de tarifa; finalmente, la cuarta parte está relacionada con los datos sobre el nivel de ingresos del encuestado. A continuación se presenta el formulario recomendado.

6.4 PASO 4: CALIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

El resultado del método propuesto es la determinación, para un sistema de transporte público colectivo, de cómo percibe la calidad del servicio el usuario; en ese sentido, el último paso del proceso comprende la integración de la información recolectada en los pasos anteriores, de tal manera que el analista define, en primer lugar, utilizando los resultados de la observación, las deficiencias en la calidad del servicio con sus posibles causas y a través de la entrevista identifica los atributos relevantes del servicio de transporte en la ciudad en estudio, jerarquizándolos y ponderándolos de acuerdo con la opinión de los usuarios; en segundo lugar, establece la escala para medir la calidad del servicio tomando como fuente los resultados de las encuestas que se realizan a los usuarios, según atributo relevante; y en tercer término califica la calidad del servicio de transporte en la ciudad, con base en la opinión expresada por los usuarios en las encuestas por atributo o en la encuesta simultánea, determinando para

cada variable un valor numérico correspondiente a la calificación obtenida dentro de una escala numérica predeterminada (por ejemplo de 1 a 5), relacionada con las escalas cualitativas utilizadas para medir la calidad del servicio (por ejemplo, Excelente corresponde a 5).

En los siguientes apartes se indican las actividades que se van a desarrollar en este cuarto paso del método para indagar sobre la calidad en el servicio del transporte público.

6.4.1 Calidad del servicio: deficiencias y atributos relevantes

Para establecer lo que desea el usuario del servicio de transporte público en cuanto a la calidad del servicio, es necesario recurrir a los resultados del primer paso con el objeto de establecer las deficiencias y sus posibles causas, y al segundo paso, en el cual se determinaron los atributos relevantes.

En lo referente a las deficiencias, las diferentes observaciones realizadas en cada elemento del sistema, así como el estudio de información secundaria sobre el transporte público en la ciudad en estudio, permiten el reconocimiento de los problemas en la calidad del servicio de transporte y sus posibles causas, estableciendo el elemento con el cual están relacionadas dichas causas, como por ejemplo:

- ♦ Con deficiencias en la red de transporte público.
- ♦ Con deficiencias en los equipos de transporte.
- ♦ Con deficiencias en la forma de prestación del servicio.
- ♦ Con el comportamiento del operador.
- ♦ Con el comportamiento del usuario.
- ♦ Con las acciones del ente gubernamental.

La definición de atributos relevantes se obtiene del procesamiento de los datos de la

Figura 6.8.
Caracterización
de los costos
del transporte
público.

FORMATO ATRIBUTO COSTOS DE TRANSPORTE																																																																					
Fecha: (D/M/A)		Hora inicio:		Localización:		Hora:		Hoja:																																																													
Dia:		Hora final:				Dia:		De:																																																													
DATOS GENERALES																																																																					
Sexo ☐ F ☐ M		Edad años																																																																			
Ocupación: Trabajo ☐		Estudio ☐		Ama de casa ☐		Otro ☐																																																															
¿Dónde vive (barrio)?																																																																					
DATOS DE LOS VIAJES																																																																					
¿Cuántos viajes realiza al día en transporte público?																																																																					
¿Cuál es el tipo de servicio que más utiliza? Bus ☐ Buseta ☐ Colectivo ☐ Transmilenio ☐ Ejecutivo ☐																																																																					
Dé una razón por la cual utiliza este servicio (sólo la más importante)																																																																					
☐ Comodidad		☐ Precio o tarifa																																																																			
☐ Rapidez		☐ Seguridad																																																																			
☐ Otra		¿Cuál?																																																																			
DATOS RESPECTO A LA TARIFA																																																																					
Usted cree que la tarifa que paga actualmente es:																																																																					
Muy alta ☐		Alta ☐		Apropiada ☐		Baja ☐		Muy baja ☐																																																													
¿Cuánto dinero gasta diariamente en transporte urbano? \$																																																																					
Cuando usted elige un tipo de transporte, ¿tiene en cuenta su tarifa? Si ☐ No ☐																																																																					
¿Cree que debería haber una tarifa de acuerdo con la distancia recorrida? Si ☐ No ☐																																																																					
¿Cree lógico que las mejoras en el servicio de transporte signifiquen un aumento en la tarifa?																																																																					
Sí ☐		No ☐		¿Por qué?																																																																	
Estaría dispuesto a pagar una tarifa más alta si se mejora el servicio de transporte en aspectos como:																																																																					
Disminución en la duración del viaje				Sí ☐		No ☐																																																															
Mayor cubrimiento del servicio (más rutas)				Sí ☐		No ☐																																																															
Mayor comodidad dentro del vehículo				Sí ☐		No ☐																																																															
Establecimiento de límites de velocidad para circulación urbana				Sí ☐		No ☐																																																															
Ampliación de los horarios de servicio				Sí ☐		No ☐																																																															
¿Cree que la tarifa debería pagarse con ticket? Si ☐ No ☐																																																																					
Califique cómo afecta el pago del servicio de transporte público a sus ingresos																																																																					
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> </table>										0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																											
Entre los siguientes niveles de tarifa, señale el valor que considere adecuado a cada uno de ellos para el tipo de vehículo de transporte público que más utilice.																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;">TARIFA</td> <td style="width: 10%;">\$</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>Muy Alta</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Normal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muy Baja</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										TARIFA	\$									Muy Alta										Alta										Normal										Baja										Muy Baja									
TARIFA	\$																																																																				
Muy Alta																																																																					
Alta																																																																					
Normal																																																																					
Baja																																																																					
Muy Baja																																																																					
DATOS DE INGRESOS																																																																					
Si se desea, conteste estas preguntas:																																																																					
Fuente de ingreso		Familia ☐		Trabajo ☐		No responde ☐																																																															
Los ingresos mensuales por trabajo son:																																																																					
☐ Menos de \$250.000		☐ \$1.250.000 - \$2.000.000																																																																			
☐ \$250.000 - \$500.000		☐ \$2.000.000 - \$4.000.000																																																																			
☐ \$500.000 - \$750.000		☐ Más de \$4.000.000																																																																			
☐ \$750.000 - \$1.250.000																																																																					
Número de vehículos particulares en la familia 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ Más ☐																																																																					
Observaciones:																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">LOGO CONTRATANTE</td> <td style="width: 40%;">NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE</td> <td style="width: 45%;">NOMBRE DEL ESTUDIO</td> </tr> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>NOMBRE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FIRMA</td> <td>FIRMA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CARGO</td> <td>CARGO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FECHA</td> <td>FECHA</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ELABORO</td> <td style="text-align: center;">REVISÓ</td> </tr> </table>										LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO	NOMBRE	NOMBRE		FIRMA	FIRMA		CARGO	CARGO		FECHA	FECHA		ELABORO		REVISÓ																																										
LOGO CONTRATANTE	NOMBRE DE LA ENTIDAD CONTRATANTE	NOMBRE DEL ESTUDIO																																																																			
NOMBRE	NOMBRE																																																																				
FIRMA	FIRMA																																																																				
CARGO	CARGO																																																																				
FECHA	FECHA																																																																				
ELABORO		REVISÓ																																																																			
LOGO DEL CONTRATISTA					NOMBRE DEL CONTRATISTA																																																																

Fuente:
Adaptación de la
encuesta en la
ciudad de Tunja.

entrevista, que permite determinar los atributos importantes de la calidad del servicio de transporte público para la ciudad en estudio jerarquizados y con su respectiva valoración, dada en forma porcentual, de acuerdo con la opinión expresada por los entrevistados.

6.4.2 Nivel de servicio: escalas

Para obtener las escalas que sirvan para medir la calidad del servicio a través de una o varias variables que en ella incidan, se tiene como insumo los datos resultantes de las encuestas realizadas a los usuarios para cada uno de los atributos relevantes. Tomando como ejemplo los formularios recomendados para realizar la encuesta en algunos atributos, se

pueden obtener las escalas de niveles de servicio que se relacionan en la tabla 6.1

Nivel de servicio con base en la ocupación vehicular

Se obtiene de la encuesta sobre el atributo comodidad. Al usuario se le indagó sobre el número de pasajeros que considera pueden ir en un tipo de vehículo específico para que la comodidad sea la relacionada con cada estado de calidad de servicio (excelente, bueno, ...). Las respuestas obtenidas se agrupan según cada estado y a estos datos se les determina el percentil 85 que define el límite superior para ese estado. En el siguiente esquema se muestra cómo quedará la tabla con la escala de niveles de servicio por clase de vehículo.

Nivel de Servicio	Calidad del servicio	Ocupación (pasajeros)	Índice de ocupación	Pasajeros/m ²
A	Excelente			
B	Buena			
C	Regular			
D	Mala			
E	Pésima			
F	Inaceptable			

Tabla 6.1.
Niveles de servicio por tipo de vehículo.

Fuente:
Elaboración propia.

En el esquema anterior, como ya se mencionó, la ocupación para cada nivel de servicio está dada por el valor del percentil 85 de los datos agrupados bajo ese estado; el valor que se obtenga para el nivel de servicio E se considera la capacidad nominal de ese tipo de vehículo. La relación entre la ocupación para cada nivel de servicio y la capacidad (nivel de servicio E) determina el índice de ocupación. La relación entre la ocupación y el área neta del vehículo permite establecer el número de pasajeros/m² que, junto con el índice de ocupa-

ción, son datos muy útiles para el planeamiento operativo del transporte público.

Nivel de servicio con base en los tiempos de viaje

Las cuatro variables básicas que inciden en el tiempo de viaje –el tiempo entre el origen real y el paradero, el tiempo de espera en el paradero, el tiempo de viaje en el vehículo y el tiempo del paradero al destino real– se cuantifican con base en la opinión de los usuarios reco-

gida a través de la encuesta del atributo rapidez. En dicha encuesta se le preguntó al usuario, con respecto al último viaje, el tipo de vehículo en que lo realizó, la distancia o tiempo empleado en relación con las cuatro variables ya enunciadas y su percepción de la calidad, dentro de los estados de calidad de servicio preestablecidos (excelente, buena, ...). Esta in-

formación se procesa en forma independiente para cada una de las variables, estableciéndose, para cada uno de los estados de calidad del servicio, el percentil 85 de los datos, definiéndose así el valor límite superior para ese nivel de servicio. A manera de ejemplo, a continuación se presenta el esquema resultante para la variable tiempo de espera en el paradero.

Tabla 6.2.
Nivel de servicio para el tiempo de estadía en un paradero.

Fuente:
Elaboración propia.

Nivel de servicio	Calidad del servicio	Tiempo en paradero (minutos)	Índice de aceptación
A	Excelente		
B	Buena		
C	Regular		
D	Mala		
E	Pésima		
F	Inaceptable		

Se puede establecer que hasta el nivel de servicio C, el usuario considera aceptable la calidad del servicio ofrecido; por esa razón es conveniente determinar el índice de aceptación que estará dado por la relación entre el valor de la variable para cada nivel de servicio (en el ejemplo (“Tiempo en paradero”) y el valor correspondiente al nivel de servicio C. Este índice es útil en procesos evaluativos, antes y después de la implementación de una medida que afecte el atributo rapidez.

Si se considera necesario, se pueden elaborar escalas de nivel de servicio para cada una de las variables ya enunciadas, pero discriminando según propósito del viaje.

Nivel de servicio con base en la relación costo de transporte/ingresos

El atributo costo de transporte está totalmente relacionado con todos los demás atri-

butos, razón por la cual lo recomendable es determinar la relación entre el costo de transporte (puede ser por grupo familiar y en un período de tiempo determinado) y el ingreso promedio (por grupo familiar y en igual período de tiempo) para la ciudad en estudio, para poder así establecer una escala que represente el peso de la anterior relación con respecto a los diferentes estados de calidad del servicio.

La información necesaria se obtiene del procesamiento de los datos de la encuesta sobre el atributo costo de transporte, en la cual se les indicó a los encuestados diferentes niveles de tarifa para que señalaran el valor que consideraban adecuado para cada uno de los estados de calidad del servicio. La ponderación de estos datos, agrupados por estado de calidad del servicio, permite determinar los valores monetarios para cada nivel de servicio. Conocido el número de viajes que en promedio diario realiza cada grupo familiar en transporte público colectivo urbano y la can-

tividad de días al mes en los que se viaja utilizando este modo, se obtiene el número de viajes mensuales del grupo familiar en el transporte público, con lo cual al multiplicarlo por el valor declarado como costo aceptable de transporte para cada nivel de servicio, se obtiene el gasto mensual en transporte por gru-

po familiar y para cada estado de calidad de servicio. La relación entre este gasto mensual y los ingresos mensuales promedio del grupo familiar se expresa en forma porcentual para obtener un indicador de la calidad del servicio. A continuación se da un ejemplo de cómo presentar esta escala.

Nivel de servicio	Calidad del servicio	Tarifa aceptable	Gastos transporte	Gastos/ingresos
A	Excelente			
B	Buena			
C	Regular			
D	Mala			
E	Pésima			
F	Inaceptable			

Tabla 6.3.
Ejemplo de los resultados de las escalas obtenidas.

Fuente:
Elaboración propia.

Calidad del servicio: calificación

Con base en el procesamiento de los datos obtenidos con las encuestas realizadas sobre cada uno de los atributos o la encuesta simultánea que relaciona todos los atributos, se puede determinar la calificación otorgada por el usuario a las diferentes variables y atributos que inciden en la calidad del servicio.

Lo recomendable es que dicha calificación se realice en una escala cuantitativa, adecuada al medio, por ejemplo de 1 a 5, para lo cual es necesario relacionar dicha escala con la escala cualitativa correspondiente a los diferentes estados de calidad del servicio. A manera de ejemplo, se sugiere la siguiente relación de escalas:

Calidad del servicio	Escala cualitativa	Escala cuantitativa	Rango para calificación
Excelente	A	5	> 4.5
Buena	B	4	3.5 - 4.5
Regular	C	3	2.5 - 3.4
Mala	D	2	1.5 - 2.4
Pésima	E	1	0.5 - 1.4
Inaceptable	F < 0.5		

Tabla 6.4.
Ejemplo de relación de escalas.

Fuente:
Elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, en la calificación según cada tipo de encuesta se consideran los siguientes aspectos:

- ♦ *Calificación de variables y atributos con base en la encuesta simultánea.* En la encuesta simultánea a usuarios del servicio

de transporte público en buses, sobre la calidad del servicio, se indagó la opinión del usuario con respecto a los diferentes elementos que inciden en dicho servicio, debiendo calificar cualitativamente cada una de las variables que afectan el elemento del sistema de TPCU en estudio.

En ese sentido, se obtiene la calificación para las siguientes variables:

- ♦ *Calificación con respecto al conductor.* Cortesía, cuidado al manejar, respeto al peatón, y a las normas de tránsito, información que proporciona, consideración a personas especiales, cuidado que tiene con el medio físico y presentación personal.
- ♦ *Calificación con respecto al vehículo.* Limpieza y mantenimiento, seguridad en el vehículo, iluminación, ambientación musical, estado de los asientos, altura del vehículo, comodidad, ventilación, ubicación de las sillas, amplitud del pasillo y facilidad de desplazamiento interno.
- ♦ *Calificación con respecto al paradero.* Limpieza, seguridad, iluminación, comodidad, facilidad de acceso y localización.
- ♦ *Calificación con respecto al viaje.* Tiempo origen - paradero, tiempo en paradero, tiempo en el vehículo, tiempo paradero - destino, tarifa y comodidad en general.

Procesando los datos de la encuesta y haciendo los correspondientes traslados de escala cualitativa a cuantitativa, se obtiene el valor promedio de la calificación para cada variable, que al ubicarse en el rango de calificaciones permite determinar la calidad del servicio existente, según la opinión del usuario.

Calificación de variables que inciden en el atributo comodidad

En la correspondiente encuesta se recoge la información de la opinión de los usuarios sobre cada uno de los elementos del sistema de transporte público y las variables relacionadas con dicho elemento que inciden en el atributo comodidad. En dicha encuesta, utilizando una escala gráfica, el encuestado define primero si la variable es adecuada o inadecuada (a manera de ejemplo) y luego le asigna una calificación de 1 a 5 que indica qué tan adecuada o inadecuada es. Se relaciona la anterior calificación con la escala cualitativa en la siguiente forma:

Inadecuada	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	Adecuada
	E	D		C		B	A					

Siguiendo el mismo procedimiento utilizado en el caso anterior, se transforma la escala cualitativa en cuantitativa y se obtiene el promedio de calificación para dicha variable del elemento que se esté estudiando, que al ubicarse en el rango de calificaciones permite determinar la calidad del servicio en esa situación.

Los elementos y variables que se recomienda calificar son los siguientes:

- ♦ *En cuanto a la educación del conductor.* Relaciones humanas, capacidad para conducir, respeto a normas de tránsito.
- ♦ *En cuanto a los agentes del tránsito.* Control que ejercen sobre el transporte público.
- ♦ *En cuanto a los vehículos de transporte público.* Espacio entre sillas, altura interna, altura de escalones, altura de la puerta, ancho de la puerta, dimensiones de las sillas, amplitud del pasillo, limpieza y ventilación.
- ♦ *En cuanto al viaje.* Influencia de las demoras en la comodidad.
- ♦ *En cuanto a la educación del usuario.* Forma de utilizarse el servicio de transporte público.

Esta calificación se realiza teniendo en cuenta el tipo de vehículo.

Calificación de variables que inciden en el atributo seguridad

El enfoque utilizado es similar al del atributo comodidad, es decir, el usuario encuestado califica los diferentes elementos del sistema de transporte.

- ♦ *En cuanto a la valoración del conductor.* Trato al pasajero, actitud ante las normas de tránsito, estado de ánimo, forma de conducción, comportamiento en general.
- ♦ *En cuanto a la valoración del paradero.* Señalización, mantenimiento, instalaciones, seguridad.
- ♦ *En cuanto a la valoración del vehículo.* Edad, estado mecánico, características internas, seguridad.
- ♦ *En cuanto a la valoración de la autoridad de tránsito.* Cubrimiento espacial, cubrimiento temporal, aplicación de medidas correctivas, aplicación de medidas preventivas, actuación.

Igualmente, se califica cada uno de los cuatro elementos del transporte público en forma global, lo cual permite relacionar con la calificación por variable de cada uno de los elementos e identificar los aspectos más críticos.

Las calificaciones dadas por el usuario a las variables o atributos de la calidad del servicio se presentan por lo general a través de tablas, pero también se pueden representar mediante gráficas que facilitan la evaluación visual del comportamiento de las variables en el tiempo.

Una vez determinados la calidad de servicio existente y el nivel de servicio que está percibiendo el usuario, se integra este proceso a la planeación operativa, siendo esencial para el diagnóstico de la situación existente y la formulación de acciones conducentes al mejoramiento de la prestación de servicio de transporte público colectivo urbano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dueñas, Domingo (2001). *Transporte público urbano*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja.

7

Lineamientos para el Cálculo de Tarifas

CONTENIDO

7.1	LA GESTIÓN DE TARIFAS EN LAS CIUDADES	7-5
7.2	BASE CONCEPTUAL	7-6
7.2.1	Costos variables	7-7
7.2.2	Costos fijos	7-7
7.2.3	Costos de capital	7-8
7.3	PARÁMETROS DE OPERACIÓN POR CLASE DE VEHÍCULO Y NIVEL DE SERVICIO	7-8
7.3.1	Transporte público colectivo	7-9
7.3.2	Transporte público individual	7-11
7.4	CÁLCULO DEL COSTO POR KILÓMETRO	7-13
7.5	ALTERNATIVAS DE TARIFAS	7-13
7.6	ÍNDICES Y PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS	7-14
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7-15

FIGURAS

Figura 7.1	Esquema incremento de tarifa	7-15
------------	------------------------------------	------

TABLAS

Tabla 7.1	Parámetros de operación del transporte público individual	7-12
-----------	---	------

Las autoridades y empresas prestadoras del servicio enfrentan continuos procesos tarifarios en la administración y gestión del sistema de transporte público. Las autoridades son las responsables de la autorización y fiscalización de la prestación de los servicios de transporte público y de los procesos de definición de la tarifa. La definición de una tarifa implica establecer la remuneración de los servicios, la evaluación de las condiciones de prestación del servicio y el impacto social y político que el valor de la tarifa ejerce sobre la población usuaria, en su mayoría de bajos ingresos.

En este capítulo se describe el proceso técnico de la información básica y conceptos que contribuyen a reflexionar sobre situaciones específicas, así como los resultados del proceso de cálculo que permiten obtener informaciones para la evaluación económica y financiera del sistema de transporte público, constituyéndose en gran ayuda para la gestión de fijación de tarifas en una ciudad.

Adicionalmente, en este documento se consignan la metodología general y las variables involucradas en el cálculo de tarifas correspondientes para el transporte público colectivo e individual en Bogotá, D.C., utilizadas por la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá para el cálculo tarifario, que se realiza con base en lo dispuesto en la Resolución 4350 del 31 de diciembre de 1998, expedida por el gobierno na-

cional, donde se fija el algoritmo para el cálculo de la denominada tarifa técnica.

7.1 LA GESTIÓN DE TARIFAS EN LAS CIUDADES

El cálculo de la tarifa es importante en la administración y gestión del sistema de transporte público, principalmente para las autoridades, pues por tratarse de un servicio público, con cierta tendencia a ser monopolio, éste debe contar con la regulación estatal. Así mismo, las empresas deben examinar los costos y utilidades del negocio que realizan, con detalle para cada componente del costo total con el propósito de implementar políticas económicas que mejoren sus rendimientos.

La gestión de tarifas, en la mayor parte de los casos, se complica por la misma estructura del sistema de transporte público existente. Se tienen sistemas de transporte público de baja eficiencia, con bajo nivel de calidad, bajos niveles de comodidad, seguridad y tiempos de viaje que no guardan relación con las distancias recorridas.

Antes de entrar a la metodología para el cálculo de las tarifas, vale la pena considerar aspectos concretos de las condiciones más comunes del sistema de transporte público que influyen en la cuantificación de los diferentes elementos:

- Normalmente existe gran diversidad de vehículos en las flotas que prestan el servicio, tanto en modelos como en capacidad.
- Predominio de la tarifa única (tarifa plana) en la mayor parte de las situaciones.
- Operación que no sigue una programación que se ajuste a la variación normal de la demanda.
- Necesidad de cálculos y ajustes de tarifas cada vez más frecuentes, debido principalmente a la inflación y a la pérdida de poder adquisitivo de la moneda.

El cálculo de la tarifa no puede, entonces, limitarse únicamente a la obtención de un determinado valor, sino que debe presentar el análisis de los principales elementos del costo y permitir evaluaciones y comparaciones con otros sistemas del servicio que se presta al usuario.

7.2 BASE CONCEPTUAL

El cálculo de la tarifa es un procedimiento técnico que sirve de apoyo para determinar el valor que se va a cobrar a los usuarios del sistema de transporte público, teniendo en cuenta además criterios políticos y sociales. Este valor puede o no coincidir con lo que se cobra al usuario. Algunos consideran que la tarifa que paga el usuario se deriva más de un concepto político y social que de un concepto económico y financiero.

Para el prestador del servicio, la tarifa tiene un interés básico, pues la ganancia es la diferencia entre los costos de operación y el ingreso total. Para el pasajero, la tarifa tiene importancia especialmente en las clases de bajos ingresos, por el efecto en sus gastos familiares para transportarse al trabajo, principalmente. Más importante aún es el nivel de servicio mínimo que cubre la tarifa. La posi-

bilidad de llegar sin incertidumbre, sin tener que esperar demasiado y que los vehículos no se dañen son características mínimas deseables por los usuarios del sistema de transporte público. Por su parte la autoridad, como representante del pasajero, debe analizar los costos para determinar si la tarifa es compatible con el servicio ofrecido.

La ecuación básica para determinar la tarifa, considerando la demanda inelástica, corresponde a:

$$\text{Tarifa} = \text{Costo (calidad)} + \text{Ganancia} \quad 7.1$$

La ecuación básica de la tarifa es igual para cualquier servicio, ya que para diferentes niveles de servicio se tienen distintas calidades y costos y, por tanto, diferentes tarifas.

Sería ideal aplicar la ecuación básica para cada viaje, con el fin de mantener las leyes del mercado, pero por simplicidad y práctica se utiliza la ecuación para un precio único por ruta, por empresa y hasta por ciudad, quedando simplemente así:

$$\text{Tarifa} = \frac{[\text{Costo (calidad)} + \text{Ganancia}]}{\text{Número de pasajeros}} \quad 7.2$$

Si se desea calcular una tarifa diferenciada por kilometraje, por horario o por día, se deben conocer los costos y los tipos de pasajeros, según sea el criterio establecido. La ganancia o utilidad se adopta normalmente como un porcentaje del costo o del capital invertido para prestar el servicio.

La principal ventaja de la tarifa única es la facilidad para el usuario. Se disminuyen los tiempos de ascenso y descenso al usuario por saber cuánto se paga, además que se facilita el control de ingresos con el uso de registradoras. La dificultad para establecer tarifas diferenciadas es la determinación del número de pasajeros de cada categoría.

El Ministerio de Transporte estableció, mediante Resolución 4350 de 1998, la metodología para la elaboración de los estudios de costos que sirven de base para la fijación de las tarifas del transporte público municipal o metropolitano de pasajeros o mixto.

Los estudios se sujetarán a la siguiente estructura de costos:

7.2.1 Costos variables

Los costos variables dependen del kilometraje recorrido por el vehículo en una unidad de tiempo, es decir, se ven afectados por la operación diaria de los vehículos. La unidad básica de expresión de los costos variables son los \$/km. Representan en promedio el 72% de los costos totales de operación, de acuerdo con el grupo tarifario, y son inherentes a la operación del vehículo y por tanto proporcionales al número de kilómetros recorridos. Son los de mayor impacto en la tarifa técnica.

El costo variable para cada insumo resulta de multiplicar el coeficiente de consumo por el respectivo precio unitario. De esta manera, el costo variable por kilómetro se obtiene de:

$$CKV = CV_1 + CV_2 + CV_3 + \dots + CV_n \quad 7.3$$

y el costo variable anual del vehículo es:

$$CVVe = CKV * RPA \quad 7.4$$

donde:

CVVe = costo variable por vehículo/año.

CV_n = costo variable por kilómetro del insumo considerado.

RPA = recorrido promedio anual del vehículo.

Los componentes de los costos variables son los siguientes:

- ♦ Combustibles
- ♦ Lubricantes

- ♦ Llantas
- ♦ Mantenimiento
- ♦ Salarios y prestaciones
- ♦ Servicios de estación

La determinación del costo para los componentes variables involucra la relación entre el costo y los coeficientes de consumo, así:

$$\text{Costo (\$/km)} = \frac{\text{Precio unitario (\$/lt)}}{\text{Coeficiente de consumo (lt/km)}}$$

7.5

7.2.2 Costos fijos

Los costos fijos son independientes del kilometraje recorrido por los vehículos en la prestación del servicio. Los costos fijos causados son independientes del trabajo del vehículo y están relacionados con el tiempo y no con los kilómetros recorridos por el vehículo. Su unidad básica son los \$/veh-mes. Representan en promedio el 15% del total de costos de operación, de acuerdo con el grupo tarifario, y son aquellos que se causan independientemente de la operación del vehículo. El costo fijo de cada elemento puede calcularse de la siguiente manera:

- ♦ El gasto total anual de un determinado costo fijo se divide por la flota total, para obtener el costo fijo por vehículo del concepto.
- ♦ El costo fijo por vehículo, dividido por el recorrido promedio anual del vehículo da como resultado el costo fijo por kilómetro del insumo.

De este modo se tienen las siguientes expresiones:

$$CFVe_n = \frac{CF_n}{FT} \quad 7.6$$

de donde se obtiene que:

$$CKF_n = \frac{CFVe_n}{RPA} \quad 7.7$$

El costo fijo total por kilómetro es la suma de todos los costos fijos de los insumos considerados, así:

$$CKF = CKF_1 + CKF_2 + CKF_3 + \dots + CKF_n \quad 7.8$$

Los componentes de los costos fijos son los siguientes:

- Garaje
- Gastos de administración y rodamiento
- Impuestos
- Factor de calidad
- Seguros

7.2.3 Costos de capital

Los costos de capital corresponden al valor de las inversiones realizadas para prestar el servicio de transporte público. Representan en promedio el 13% de los costos de operación del vehículo, de acuerdo con el grupo tarifario, y están relacionados con la inversión y la rentabilidad.

Se encuentran constituidos por los rubros de recuperación de capital y rentabilidad y responden a cualquier variación de los indicadores económicos del mercado de capitales.

Los componentes de los costos de capital son básicamente:

- Recuperación de capital
- Rentabilidad

$$Ck_{\text{anual}} = \frac{V_a \times (1+r)^n \times r - (V_s \times r)}{(1+r)^n - 1} \quad 7.9$$

$$r = \frac{1+k}{1+f} - 1 \quad 7.10$$

donde:

Ck = costo de capital.

V_a = valor comercial del vehículo para el año en estudio.

n = vida útil del vehículo (20 años).

V_s = valor de salvamento: 30% de V_a.

r = tasa de interés real.

k = tasa promedio anual de colocación.

f = tasa promedio anual de inflación.

El costo de capital anual se divide por doce (12) meses, obteniéndose así el costo mensual. Adicionalmente, este valor se puede presentar como:

$$R = V_a \times 0,7 \times r \quad 7.11$$

$$R_c = CK - R \quad 7.12$$

donde:

R = rentabilidad.

R_c = recuperación de capital.

Para calcular la tarifa se deberán tener en cuenta diferentes parámetros, los cuales son base para la obtención de la tarifa; a continuación se hace una relación de ellos:

7.3 PARÁMETROS DE OPERACIÓN POR CLASE DE VEHÍCULO Y NIVEL DE SERVICIO

Estos parámetros se obtendrán de un estudio, el cual se debe realizar durante tres (3) días, incluyendo un día festivo. Si en alguna de las ciudades no se puede realizar el estudio al 100% de las rutas y del parque automotor, se recomienda utilizar un método estadístico de muestreo aplicable a esta clase de estudios, siempre y cuando la muestra sea representativa y confiable. Los parámetros que se van a obtener son:

- Kilómetros que se van a transitar por mes, día y recorrido.

- ♦ Kilómetros por día recorridos sin pasajero (caso taxi).
- ♦ Número de días trabajados por mes.
- ♦ Número de recorridos o carreras por día.
- ♦ Número de pasajeros movilizados por recorrido, día y mes.
- ♦ Longitud promedio de la carrera (caso taxi).

Parque automotor

Se debe determinar el total del parque automotor que opera dentro de la jurisdicción, estableciendo como mínimo clase, marca, modelo, placa y capacidad del vehículo. Además, hay que determinar el vehículo o vehículos más representativos para elaborar la estructura de costos.

Rutas autorizadas

Determinar el total de rutas legalmente autorizadas a las empresas, estableciendo como mínimo nombre de la empresa, acto administrativo, ruta autorizada, distancia de la ruta, tiempo promedio de la ruta y tipo de vehículo autorizado.

Investigación sobre precios y rendimiento o frecuencia de cambio de insumos

Se deben desarrollar encuestas en estaciones de servicio, distribuidores de llantas, almacenes de repuestos, talleres, concesionarios, empresas de transporte y oficinas de tránsito.

La Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá ha desarrollado estudios técnicos para establecer los parámetros operacionales con el fin de determinar las necesidades de movilización de los usuarios de transporte público colectivo y, a la vez, determinar los insumos para calcular la tarifa técnica. Entre los estudios efectuados se tiene que la recolección de la información se realiza con base en las diferentes en-

tidades competentes y mediante encuestas a talleres, estaciones de servicio, entre otros; a continuación se hace una breve descripción para la obtención de cada uno de los parámetros y de la tarifa técnica para el transporte público colectivo e individual en la ciudad.

7.3.1 Transporte público colectivo

7.3.1.1 Para el cálculo de los costos variables

Para el rubro de combustibles se toma como fuente la información oficial emitida por el Ministerio de Minas y Energía, entidad que autoriza los ajustes a la gasolina motor corriente y combustible para motores diésel (ACPM). En cuanto a lubricantes y llantas, se realizan encuestas en diversos establecimientos que permitan establecer los costos de estos insumos; igualmente, para el mantenimiento y servicios de estación, se realizan encuestas a los establecimientos más frecuentados por el transporte público. Por último, para el rubro de salarios y prestaciones se tiene en cuenta el costo mensual del salario del conductor, incluidas las prestaciones sociales.

7.3.1.2 Para el cálculo de los costos fijos

El costo del uso del garaje se obtiene mediante una encuesta, en tanto que el ítem de impuestos se calcula de acuerdo con las tarifas vigentes para los impuestos considerados, suministradas por la Subsecretaría Operativa de la Secretaría de Tránsito y Transporte y la Secretaría de Hacienda de Bogotá; dicho rubro se encuentra conformado por el valor de las placas, impuesto de rodamiento, tarjeta de operación, formulario único de trámite, calcomanía y seguridad, semaforización y revisión técnico-mecánica. Para el cálculo de los seguros de transporte público colectivo urbano se toman las tasas actualizadas para este fin y los

factores estandarizados para el cálculo de las primas; de acuerdo con los modelos promedio y marcas representativas para cada grupo tarifario, se deben incluir todos los seguros de ley. En los gastos de administración, se consideran los factores de costo adicionales ocasionados por el cambio de vínculo y los relacionados con la implementación del sistema de recaudo centralizado y su operación y mantenimiento. Finalmente, se tiene en cuenta el factor de calidad que representa: “Los recursos necesarios para la compra de los vehículos que se retirarán de circulación para la acreditación del índice de reducción de sobreoferta se originarán en el factor de calidad del servicio que en materia operativa se incorporará a la tarifa, según el valor que determine la Secretaría de Tránsito y Transporte”.

7.3.1.3 Para el cálculo de los costos de capital

Para el cálculo de la recuperación de capital se toman los siguientes valores base: tasas promedio anuales de captación y de colocación; inflación promedio anual de los últimos doce meses y el valor nuevo de los vehículos (tomados del mercado) y la rentabilidad.

Posteriormente, con la información obtenida de las diferentes encuestas se procede al cálculo de la tarifa técnica, teniendo en cuenta el modelo utilizado para la fijación de las tarifas del transporte público colectivo de pasajeros:

$$T = \frac{(CF_i + CV_i + CC_i)}{CE_i \times OCP_i \times IR_i \times R_i \times D_i} \quad 7.13$$

donde:

CF_i = costos fijos mensuales.

CV_i = costos variables mensuales.

CC_i = costos de capital mensuales.

CE_i = capacidad efectiva del vehículo.

OCP_i = porcentaje de ocupación óptimo.

IR_i = índice de rotación de la demanda.

R_i = recorridos diarios.

D_i = días al mes.

Con base en lo anterior, a continuación se explican en detalle los parámetros de operación considerados para el cálculo tarifario:

- ♦ *La capacidad efectiva del vehículo.* Se define como el número máximo de pasajeros que se pueden acomodar confortablemente, de acuerdo con su diseño y con la normatividad vigente.
- ♦ *El nivel de ocupación.* Es el número de personas a bordo de un vehículo de transporte público respecto a su capacidad efectiva en un punto determinado durante un recorrido. El valor promedio utilizado se estima con base en los resultados del diseño técnico, que considera las rutas autorizadas y la demanda de pasajeros en transporte público colectivo.
- ♦ *Índice de rotación de demanda.* Es el indicador obtenido de la relación entre el total de pasajeros transportados en un viaje y la ocupación crítica del vehículo de transporte. Este valor se calcula con base en los trabajos de campo realizados por la STT en siete (7) corredores principales de la ciudad.
- ♦ *Los recorridos diarios.* Son el desplazamiento, en un solo sentido, de un vehículo entre dos puntos. El número de recorridos se calcula teniendo en cuenta la frecuencia autorizada en hora pico y en hora valle para cada una de las rutas de la ciudad.
- ♦ *Los días al mes.* Corresponden al número de días que opera el vehículo durante el mes.
- ♦ *El modelo promedio.* Se calculó para cada nivel tarifario con base en la información actualizada disponible en la concesión

Servicios Especializados de Tránsito y Transporte (Sett), respecto a los vehículos con tarjeta de operación vigente autorizados a prestar el servicio de transporte público colectivo.

- ♦ *Los kilómetros recorridos al mes.* Éstos se estiman con base en la longitud de todas las rutas de la ciudad, servidas por un tipo de vehículo determinado. El valor utilizado se calcula como un promedio ponderado de las longitudes que recorren los vehículos en las diferentes rutas.

El Ministerio de Transporte establece en la resolución citada que las autoridades competentes podrán utilizar adicionalmente

donde:

$$\text{Banderazo} = \frac{\$/\text{km} \times (\text{km recorridos al día, sin pasajeros})}{\text{Número de carreras por día}} \quad 7.15$$

$$\text{Valor unidad} = \frac{\$/\text{km}/1000}{\text{distancia en metros de cada unidad}} \quad 7.16$$

donde:

$\$/\text{km}$ = sumatoria de los $\$/\text{km}$ ($\Sigma\$/\text{km}$) de los costos variables, fijos y de capital.

La Secretaría de Tránsito y Transporte realiza una toma de información encaminada a obtener los diferentes parámetros que permiten calcular la tarifa técnica del transporte público individual. Inicialmente se establece que la toma de información se debe realizar en diferentes puntos típicos de la ciudad, para garantizar la representatividad de la muestra. Así mismo se deberá entrevistar directamente al administrador de cada uno de los establecimientos visitados, con el fin de garantizar que la información que se consigne en los formularios sea certificada por éstos.

otros factores de cálculo que contemplen la calidad del servicio en materia de seguridad, comodidad y operación, siempre y cuando estos factores formen parte del sistema de transporte y estén justificados técnica y económicamente.

7.3.2 Transporte público individual

En cuanto al cálculo de la tarifa para el transporte individual según la Resolución 4350 del Ministerio, se tiene que la tarifa será regida por:

$$\text{Banderazo} + (\text{valor de unidades} \times \text{número de unidades}) \quad 7.14$$

Las encuestas que hay que realizar son las siguientes:

- ♦ Encuesta a distribuidores de llantas.
- ♦ Encuesta a parqueaderos.
- ♦ Encuesta a estaciones de servicio.

Para complementar la información y ampliar el marco muestral, se recomienda visitar y solicitar cotizaciones a los grandes productores y distribuidores de lubricantes, llantas, carrocería y chasis. Se deberá cotizar el valor de los seguros en empresas especializadas e igualmente habrá que actualizar los costos de los impuestos.

A continuación se presentan los parámetros de operación considerados por la Secretaría de Tránsito y Transporte para el análisis tarifario del transporte público individual.

Parámetros de operación	Valor
Días trabajados / mes	25
Número de carreras / día	19
Kilómetros recorridos/día	250
Kilómetros recorridos/mes	6.250
Modelo tipo de concertación	1.993
Metros por marcación	100*

Tabla 7.1.
Parámetros de
operación del
transporte
público
individual.

Fuente: Informe GPT
11-04 Subsecretaría
Técnica de la
Secretaría de Tránsito
y Transporte de
Bogotá.

Seguidamente se realiza una breve descripción para la obtención de cada uno de los parámetros y de la tarifa técnica para el transporte público individual.

7.3.2.1 Cálculo de los costos variables

Para el rubro de combustibles se toma como fuente la información oficial del Ministerio de Minas y Energía que autoriza los ajustes a la gasolina motor corriente, con un rendimiento concertado con el gremio transportador de 30 kilómetros por galón de combustible. Para los lubricantes se tendrá en cuenta, según la información obtenida del trabajo de campo realizado; para llantas se toma como fuente de información distribuidoras de llantas en el comercio en general; para la actualización del rubro de mantenimiento se considerará el incremento registrado en el mercado de repuestos y autopartes, mientras que en el rubro de salarios y prestaciones se hará con base en el incremento salarial vigente en cumplimiento del Decreto 3770 de 26 de diciembre de 2003, expedido por la Presidencia de la República. Es de anotar que dentro de este rubro se reconoce un conductor adicional para el 25% de los vehículos que prestan el servicio nocturno, esto es, se trabaja con dos turnos de ocho (8) horas cada uno. Finalmente, para el rubro de servicios de estación (lavado general, engrase, petrolizada y lavado de motor), se to-

marán como fuente las estaciones de servicio utilizadas con mayor frecuencia por el gremio transportador.

7.3.2.2 Cálculo de los costos fijos

Se obtiene el valor asociado al transporte público individual del rubro del garaje, según el trabajo de campo realizado; para los impuestos se tendrá en cuenta el valor del Formulario Único Nacional; matrícula, renovación de placas, mantenimiento del taxímetro, tarjeta electrónica de operación (adquisición y trámite), impuesto de rodamiento, calcomanía, fondo de seguridad, semaforización y revisión técnico-mecánica, el valor de los trámites correspondiente a la renovación de placas, tarjeta de operación, formulario único de trámite y revisión mecánica se actualiza con los datos vigentes de la concesión Sett de la Secretaría de Tránsito y Transporte. El valor correspondiente al impuesto anual por semaforización corresponde a información suministrada por la Secretaría de Hacienda de Bogotá, D.C. y equivale a dos salarios diarios mínimos vigentes. Para el cálculo del costo del rubro de los seguros para el transporte público individual de pasajeros se toman los factores estandarizados para el cálculo de las primas, de acuerdo con el modelo promedio considerado. Finalmente, para los costos de administración y radioteléfono se toman los valores correspondientes empleados por las diferentes empresas en el cálculo tarifario.

7.3.2.3 Cálculo de los costos de capital

El cálculo de los costos por recuperación de capital y rentabilidad se realizara de acuerdo con la metodología establecida por el Ministerio de Transporte mediante Resolución 4350 de 1998.

Con base en la anterior metodología, la Secretaría de Tránsito y Transporte de la ciudad de Bogotá ha calculado la tarifa técnica que rige al transporte público colectivo y al individual. Inicialmente, mediante el Decreto 532 de 2002, se estableció un modelo de gestión para la fijación de las tarifas de transporte individual como sigue:

$$C_K = \frac{CF_i + CV_i + CC_i}{K_{mes}} \quad 7.17$$

Donde:

- C_K = costo kilómetro.
- CF_i = costos fijos mensuales.
- CV_i = costos variables mensuales.
- CC_i = costo de capital mensual.
- K_{mes} = kilómetros recorridos al mes.

En cuanto al valor de la unidad, se tiene:

$$V_u = \frac{Mpm \times C_K}{1000} \quad 7.18$$

Donde:

- Mpm = metros por marcación.
- V_u = valor de la unidad en pesos.
- C_K = costo por kilómetro.

7.4 CÁLCULO DEL COSTO POR KILÓMETRO

El método del cálculo de tarifas se basa en el concepto de costo por kilómetro, que resulta de la suma de los costos parciales de los componentes de la operación del sistema de transporte público.

Dicho de otro modo, el costo por kilómetro corresponde al costo promedio en el que incurre un vehículo para un kilómetro de desplazamiento en la prestación del servicio, en un sistema, empresa o ruta específica.

Tomando la tradicional división de los costos en variables, fijos y de capital el costo por kilómetro es:

$$CK = CV + \frac{CF + CC}{KT} \quad 7.19$$

Donde:

- CK = costo por kilómetro.
- CV = costo variable por kilómetro.
- CF = costo fijo total.
- CC = costo de capital total.
- KT = kilometraje total recorrido por la flota del sistema, empresa o ruta en un determinado período (normalmente se toma el período de un año para fines de cálculo).

El costo por kilómetro será entonces la suma de los costos variables, fijos y de capital por kilómetro de cada insumo o servicio necesario para la producción del servicio.

7.5 ALTERNATIVAS DE TARIFAS

Los tipos de tarifas más utilizadas corresponden a la tarifa única y la tarifa por distancia recorrida o por distancia.

Tarifa única

El establecimiento de una tarifa única consiste en adoptar un solo valor de pago para la ciudad, independiente de la longitud de la ruta, y corresponde a la tarifa promedio del sistema. La tarifa única se determina a partir de la siguiente expresión:

$$TU = \frac{CK}{IPK} \quad 7.20$$

Donde:

TU = tarifa única (\$/pas.).

CK = costo de operación por kilómetro (\$/km).

IPK = índice de pasajeros por kilómetro (pas./km).

El IPK constituye, al igual que el costo de operación por kilómetro, un indicador sobre el nivel promedio de carga del sistema. Además, permite la comparación entre empresas y sistemas.

Tarifa por distancia o kilométrica

La tarifa se define en función de la distancia de la ruta, de modo que para una ciudad puede haber tantas tarifas como longitudes de ruta existan. La tarifa por distancia se determina a partir de la siguiente expresión:

$$TK = BT * Distancia \quad BT = \frac{CK}{CUV} \quad 7.21$$

Donde:

TK = tarifa por distancia.

BT = base tarifaria (o sea, lo que paga cada pasajero por kilómetro recorrido).

CUV = coeficiente de utilización del vehículo en cada viaje (pas./viaje).

CK = costo de operación por kilómetro.

La tarifa por distancia o lineal con cargo fijo tiende a presentar distorsiones en el resultado total recaudado cuando aumenta la dispersión de valores de tarifas, número de viajes, extensión de las rutas.

7.6 ÍNDICES Y PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS

La transformación de las informaciones básicas utilizadas en el cálculo de tarifas en

indicadores es una forma de evaluar los servicios y comparar con sistemas similares. Además de que se puede analizar el costo específico de los principales componentes, es posible determinar su peso en relación con el costo total por kilómetro.

La principal razón de presentar los índices (coeficientes, porcentajes, indicadores) y parámetros (máximos y mínimos) de referencia para el cálculo de tarifas se debe en muchos casos a que la autoridad y las mismas empresas prestadoras del servicio no cuentan con sistemas de información y de control de costos. Aunque estos valores no sustituyen las investigaciones directas de cada caso, pueden tomarse como referencia para negociaciones o comparación de situaciones.

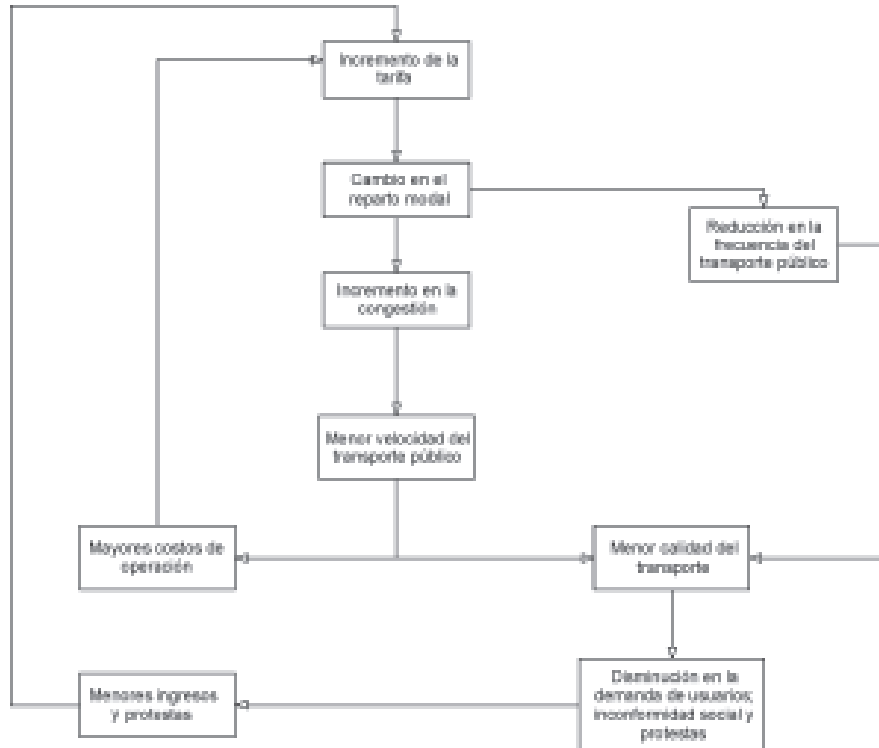
Al establecer una política tarifaria se debe tener en cuenta el nivel de importancia de cada uno de los objetivos que van a plantearse y no caer en círculos viciosos que conduzcan a incrementos altos de la tarifa, menor calidad de servicio y mayores costos de operación, entre otros. En la figura 7.1 se muestra de manera esquemática el efecto que se produce cuando existe un incremento de la tarifa, es decir, prevalece el interés de maximizar la ganancia.

De la figura 7.1 se infiere que cuando prevalece el interés del empresario en incrementar las ganancias por medio del aumento de la tarifa, se desencadena una disminución en el número de los usuarios del servicio (fenómeno conocido como elasticidad precio - demanda; en otras palabras, la proporción perdida de la demanda por un incremento del 1% en la tarifa) y como consecuencia se debe disminuir la frecuencia en el servicio que se presta, lo que condiciona al usuario a cambiar de modo de transporte o a utilizar otro servicio, o en su defecto se crea un ambiente de inconformismo entre los usuarios.

Por tanto, se hace necesario ejercer un control por parte de las autoridades con el fin de

Figura 7.1.
Esquema
incremento de
tarifa.

Fuente:
Ángel Molinero
Molinero.
**Transporte
público**, p. 558.



mantener unas condiciones de control sobre la tarifa, que permitan una adecuada prestación del servicio sin afectar al prestador del servicio (empresario) ni mucho menos al usuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Molinero, Molinero, Ángel R. & Sánchez Arellano, Ignacio (1996). *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración*.

México: Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal.

Resolución 4350 del Ministerio de Transporte, 31 de diciembre de 1998.

Decreto 532 de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, 30 de diciembre de 2001.

Decreto 533 de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, 30 de diciembre de 2002.

Decreto 010 de la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, por medio del cual se corrige el Decreto 533, 14 de enero de 2003.