

7.

Estudios de Transporte

Generalmente, existen dos fases diferenciadas en el proceso de recolección de información, en la cual la fase inicial consiste en definir por primera vez la información que la empresa de transporte requiere. Esta información suele obtenerse por hora del día para cada ruta o línea en el sistema e incluye el establecimiento de una base de datos que permite la planeación efectiva del diseño y operación a nivel ruta, sistema y red de transporte. Así por ejemplo, es recomendable contar con datos relativos a los ascensos, a las cargas o volúmenes de diseño en puntos claves a lo largo de la ruta, los tiempos de recorrido y de ciclo, los ingresos, los orígenes y destinos y las características mismas del usuario.

La segunda fase o fase de monitoreo consiste en revisar la información de cada ruta de manera periódica para verificar que las condiciones iniciales de la ruta continúan vigentes. Por lo general, se recopila solamente tres tipos de información durante esta fase, siendo ésta:

- tiempos de llegada del transporte público a los puntos de control de la ruta
- la carga en la sección de máxima demanda a la hora de máxima demanda
- la utilización del sistema por el usuario

Aún cuando las fases inicial y de monitoreo difieren en número y tipo de información que se recopila, ambas fases se diseñan de la misma manera, para lo cual se requieren cuatro insumos principales:

- un listado de la información que la empresa requiere
- una estimación de la exactitud requerida para cada aspecto que se considere dentro del sistema de información
- las principales características de la red a nivel empresa y ruta
- la información previa o existente que permita determinar el tamaño de las muestras que deberán utilizarse en cada estudio

7.1 Necesidades de información

El primer paso en el diseño de un programa de recopilación de información es la especificación de la base de datos requerida para las actividades de planeación, administración, operación y la preparación de informes y reportes. Esta información varía de empresa a empresa y depende fundamentalmente de:

- tamaño y tipo de sistema que se opera
- objetivos específicos de la administración
- requerimientos para la elaboración de informes y reportes

Así, se puede mencionar que dentro de la información que normalmente utilizan las empresas de transporte se encuentra la información que es útil en uno o mas aspectos de la administración del servicio, incluyendo la planeación de las rutas, su operación, su mercadotecnia, su análisis de costos, ingresos y subsidios y la información que se requiere para generar reportes periódicos sobre la empresa. Bajo este orden de ideas tenemos que:

Información a nivel ruta, tramo o parada. La información que se recomienda obtener es:

- longitud de la ruta y distancias de tramos y entre paradas
- hora de llegada de las unidades, a nivel de paradas importantes, terminales, puntos de control o sección de máxima demanda
- carga que se presenta en la sección de máxima demanda, por periodos de servicio (hora de máxima demanda y hora valle)
- demanda total de viajes o ascensos pagados totales
- velocidad comercial y de operación, por ruta y entre puntos de control
- ingreso a nivel ruta

- ascensos por tipo de tarifa, en caso de existir alguna diferenciación
- ascensos y descensos de usuarios a nivel parada
- índice de transbordos entre rutas
- características y actividades del usuario, tales como: edad, sexo, ocupación, actitudes hacia el nivel de servicio, ingreso, tenencia y disponibilidad de automóvil, puntos generadores, entre otros.
- patrones de viaje del usuario, tales como: origen y destino, puntos atractores, variaciones horarias, distribución modal y frecuencia de viajes, entre otros aspectos.
- condiciones físicas, tales como: número de carriles; pendientes; semáforos; número, diseño y espaciamiento de paradas; entre otros aspectos.
- aspectos relacionados a las condiciones del tránsito, como lo son: nivel de servicio; estacionamiento; áreas de carga y descarga y cruces peatonales, entre otros aspectos.

Información a nivel sistema. Entre la información que se recomienda contar se encuentra la siguiente:

- pasajeros-kilómetro en el sistema, en una base anual
- viajes directos del usuario sin necesidad de transbordos y porcentaje de transbordos
- hora de inicio y terminación del servicio
- tiempo o distancia promedio de recorrido del usuario
- capacidad de las unidades que operan en el sistema
- fechas de eventos especiales
- reglamentos laborales y condiciones y reglas del servicio

Si bien este listado es amplio, debe tenerse presente que no toda la información debe recopilarse con la misma frecuencia y que gran parte de ella se obtiene al organizar los resultados básicos de la operación del sistema.

7.1.1 Necesidades de información en la fase inicial

En esta fase se recopila exhaustivamente toda la información que se menciona en los párrafos anteriores, misma que permite efectuar comparaciones directas entre rutas así como efectuar análisis de las diversas opciones de servicios que se pueden dar. Estos análisis incluyen modificaciones en los iti-

nerarios, la reestructuración de rutas y la reasignación de unidades. Asimismo, la integración de los análisis que se efectúen permiten a la empresa generar los valores que normarán su gestión, planeación, operación y diseño.

Con la información obtenida, se puede establecer una semblanza completa de cada una de las rutas, la cual puede clasificarse en tres perfiles básicos:

- *Efectividad de la ruta*
 - ascensos promedio por recorrido por día
 - ingreso por recorrido por día
 - volumen de diseño o carga máxima en la ruta
 - tiempo de recorrido por tramos de ruta o entre paradas y tiempo de ciclo
 - confiabilidad y regularidad de la ruta
 - velocidad comercial y de operación
- *Análisis especiales*
 - distribución de ascensos e ingresos por tipo de tarifas
 - índices de transbordo
 - ascensos y descensos por parada
 - longitud promedio de recorrido por pasajero
 - pasajeros-kilómetro por día
 - características y actitudes del usuario
 - patrones de viaje del usuario
- *Aspectos de diseño*
 - relación de ascensos e ingreso por recorrido
 - rotación de usuarios
 - eficiencia del itinerario

En el caso de la información relativa a la efectividad de la ruta, el prestatario del servicio está interesado generalmente en los valores promedio y en la variación dentro de cada periodo considerado así como de un día a otro. Estos aspectos se utilizan para la planeación de la operación y para su programación e incluye el establecimiento de medidas de desempeño para cada ruta.

Por su parte, la información requerida para análisis especiales permiten contar con información mas concreta que permite una planeación de detalle de la ruta, de un tramo o del sistema completo así como para los estudios de la estructura tarifaria y de sus estrategias relacionadas.

Finalmente, la información relativa a los aspectos de diseño permiten contar con la información relativa a las relaciones existentes entre parámetros y

obtener factores de conversión que permiten al prestatario del servicio estimar un valor a partir de la medición de otros. La información que se obtenga durante la fase inicial permite a la empresa establecer las relaciones para cada ruta.

Si existe una fuerte correlación estadística entre las variables, entonces este indicador puede ser utilizado durante la fase de monitoreo. Por ejemplo, si se presenta una fuerte correlación entre el número total de ascensos y los conteos que se efectúan a la hora de máxima demanda, entonces el número total de ascensos puede estimarse a partir de los conteos que se realicen en la hora de máxima demanda durante la fase de monitoreo sin necesidad de obtenerse directamente.

7.1.2 Necesidades de información en la fase de monitoreo

Una vez que se cuenta con el perfil de cada ruta, el prestatario del servicio debe verificar regularmente cada ruta para detectar cambios significantes. En la práctica, se utilizan los siguientes datos para verificar el desempeño individual de cada ruta: el tiempo de ciclo de cada unidad en sus puntos de control; la sección de máxima demanda y su carga; y el número total de ascensos o ingresos.

Es recomendable recopilar periódicamente el tiempo de ciclo de las unidades en sus puntos de control para asegurar una programación eficiente y un servicio confiable. Generalmente, esta información se recopila conjuntamente con los conteos de cargas o ascensos. Es necesario contar con las secciones de máxima demanda con el fin de asignar frecuencias apropiadas de servicio. El número total de ascensos o el ingreso son medidas alternativas para medir el grado de utilización de una ruta. Naturalmente, la selección de cuales indicadores han de ser utilizados, dependerá del costo y de la factibilidad de las distintas técnicas de recopilación de información.

Algunas técnicas de recopilación de información dan como resultado dos o más de estos datos al mismo tiempo, con lo cual la empresa de transporte puede verificar directamente un número mayor de medidas de utilización de la ruta.

Estas consideraciones para el monitoreo se basan en el supuesto de que si el volumen de diseño o la utilización total de la ruta no presenta cambios significativos de los datos obtenidos en la etapa inicial, entonces no se presentan variaciones substanciales en los demás datos recopilados en esta fase.

7.2 Técnicas de recopilación de información

Existen un gran número de técnicas para la recopilación de información que van desde métodos manuales hasta métodos utilizando aparatos electrónicos sofisticados. Sin embargo, el propósito de este capítulo es presentar los procedimientos recomendados para efectuar los estudios de campo que permitan analizar la operación del transporte público y la estructura de su red. Existen en la literatura métodos alternos para realizar estos estudios sugiriéndose como fuente adicional de consulta el *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito* [1]. El Cuadro 7.1 muestra las ocho técnicas que utilizan la mayoría de las empresas de transporte público y la información que puede ser recopilada de cada una de ellas, mientras que el Cuadro 7.2 describe someramente cada uno de estos estudios.

INFORMACION REQUERIDA	TECNICA UTILIZADA							
	ASCENSO Y DESCENSO	DEMANDA PUNTUAL	VELOCIDAD Y DEMORA	CONTEO DE ABORDAJES	LECTURA CAJA COLECTORA TARIFAS	CONTEO DE INGRESOS	CONTEO DE TRANS-BORDOS	ENCUESTAS (a)
Volumen de diseño o carga máxima								
Tiempo de llegada de la unidad				b	b			
Viajes-persona		c			d			e
Ingreso	f			f	g			
Viajes por tipo de tarifa	f			f	d			
Ascenso y descenso por parada								
Índice de transbordo							h	
Características, patrones de viajes y actitudes del usuario								
Pasajero-kilómetro								
Tiempo de recorrido								
Velocidades								
Causas y tiempo de demora								
Distancia promedio de recorrido					d			e
a. La calidad de la información recopilada por una encuesta depende de la muestra utilizada. b. En caso de tomar lectura del tiempo. c. Para el caso de rutas express y alimentadoras. d. En caso de contar con una caja recolectora múltiple. e. En caso de numerar consecutivamente las encuestas y distribuir las a todos los usuarios de la muestra. f. En caso de efectuar el conteo de los pasajeros que abordan por tipo de tarifa requiere la expedición de boletos y un número reducido de ascensos. g. Se puede obtener por ruta. Puede ser sustituido por las lecturas de la caja, sacrificando la información relativa a la hora del día. h. En caso de distribuir boletos de transbordo, se recogen en la ruta terminal y son identificables a nivel ruta.								

Cuadro 7.1.

Técnicas utilizadas para efectuar estudios de transporte.

TECNICA	DESCRIPCION
Ascenso y descenso	Se contabilizan abordo de las unidades la cantidad de pasajeros que suben y bajan en cada parada así como los tiempos de llegada a puntos previamente establecidos.
Demanda puntual o de cargas	En la sección de máxima demanda se contabilizan los usuarios que van abordo de las unidades que pasan por unidad de tiempo. Dentro de este estudio se pueden tomar las frecuencias.
Velocidades y demoras	Se contabilizan las causas y las demoras a las que se ve sujeto el transporte público a lo largo de las rutas. Asimismo, se revisan los tiempos de paso por los puntos de control.
Abordaje	Se contabilizan los usuarios que abordan las unidades, generalmente dividiéndose por tipos de tarifas.
Lectura de cajas colectoras	En el caso de contar con este equipo, se toma lectura de los contadores en puntos previamente seleccionados o en un horario específico.
Conteo de ingresos	Se contabilizan los ingresos obtenidos al final de cada recorrido.
Conteo de transbordos	Se contabilizan los transbordos que se llevan a cabo en cada parada o punto de transbordo importante, o en el caso de recibir boletos de transbordo, se contabiliza el número que recibe cada operador.
Encuesta	Consiste en una gran variedad de técnicas en las cuales se le pregunta al usuarios sobre aspectos referentes a su movilidad, a su estrato socioeconómico, a su opinión sobre el sistema de transporte.

Cuadro 7.2.

Descripción de los estudios de transporte más comunes.

Estas ocho técnicas proveen un rango de diferentes datos dependiendo de cada compañía así como de las características particulares de la ruta. En conjunto, estas técnicas recopilan toda la información necesaria en la etapa inicial.

7.2.1 Aspectos generales

Para recolectar el conjunto de datos requeridos para la fase inicial, se debe utilizar una combinación de las técnicas antes mencionadas. La mejor combinación depende de una serie de factores entre los cuales se encuentran la estructura de las rutas, las características individuales de las mismas y las estrategias de operación.

Así por ejemplo, la estructura que presentan las rutas puede influenciar la conveniencia de realizar un estudio de frecuencias y carga o uno de ascenso y descenso para recopilar la información relativa al volumen de diseño. Una estructura radial generalmente tiende a tener rutas con una sola sección de máxima demanda, sección que coincide las más de las veces en un solo punto (área central de la ciudad).

Esto permite que un solo aforador pueda recopilar información de varias rutas mediante un estudio frecuencias y cargas. Naturalmente, esto es más eficiente que el realizar estudios de ascenso y descenso en cada vehículo en donde es necesario una pareja de aforadores.

Por otra parte, los sistemas reticulares u ortogonales son menos susceptibles de tener rutas con una sola sección de máxima demanda y por ende necesitan de varios puntos de control. En este caso puede ser mejor llevar a cabo un estudio de ascenso y descenso que el realizar estudios de frecuencias y cargas.

El costo relativo de cada una de las técnicas dependerá del número de vehículos en una ruta. Para recopilar información relativa al volumen, el estudio de frecuencias y cargas es, generalmente, la mejor técnica cuando el número de vehículos en la ruta es grande mientras que el estudio de ascenso y descenso es mejor cuando el número de vehículos es reducido ya que se puede recopilar información adicional aparte de la relativa al volumen.

El volumen de viajes es también un factor importante al seleccionar las distintas técnicas. Conforme el número de usuarios se incrementa en una ruta, el control de los ascensos y descensos se vuelve más difícil para que se realice de manera confiable lo que conlleva a una mayor muestra.

Las estrategias de operación de una empresa pueden influir directamente en la factibilidad de utilizar ciertas técnicas de recopilación de información. Así por ejemplo, es común que las empresas en México no proporcionen boletos de trasbordo por lo cual no se cuenta con un mecanismo sencillo para checar los transbordos de una ruta a otra. Por lo tanto, estas empresas deben efectuar una encuesta de usuarios para determinar los índices de transferencia o bien realizar una encuesta especial sobre transbordos.

Para la fase inicial, se recomiendan los siguientes conjuntos de técnicas:

- Estudios de ascenso y descenso
- Lecturas de la caja colectora de tarifas o conteo de abordajes y;
- Encuestas abordó de los vehículos.

Se incluyen estudios de ascenso y descenso en la fase inicial a fin de obtener los ascensos y descensos por parada, los cuales pueden ser utilizados para estimar los volúmenes promedio en cada tramo de la ruta así como las secciones de máxima demanda por vez primera. Solamente son necesarios puntos de control adicionales cuando el número de recorridos por ser muestreado para obtener el volumen de diseño excede aquél requerido para recopilar la información total de abordaje.

Las lecturas de las cajas colectoras de tarifas (en caso de existir) o los conteos de abordaje proveen información completa relativa a los ingresos aún cuando la segunda técnica puede separar el número de usuario e ingresos por tipo de tarifas. Por esa razón, los conteos de abordaje probablemente deben ser incluidos por cualquier empresa en que los operadores estén facultados para llevar a cabo tales conteos. Finalmente, la encuesta abordo permite recopilar una amplia gama de información relativa al usuario que de otra manera no puede ser recopilada.

Las técnicas recomendadas para la fase de monitoreo dependen fundamentalmente de las características de la empresa y de la ruta. Si una compañía puede utilizar a sus operadores, para recopilar los abordajes totales, o sus mecanismos de boletaje son adecuados y la evasión es reducida, entonces se recomiendan las siguientes técnicas:

- Frecuencias y cargas
- Conteos de abordaje (por el operador) y;
- Lecturas de las cajas colectoras de tarifas (si se tienen) o control de boletaje

Las empresas que no pueden depender de sus operadores para recopilar información confiable o que las *Condiciones Generales de Trabajo* le impiden efectuar otra actividad, cuentan con varias opciones adicionales. La mejor combinación generalmente incluye el control directo del volumen de diseño, del total de abordajes, e ingresos recolectados a través de estudios de ascenso y descenso y lecturas de los ingresos recibidos.

Sin embargo, para rutas que muestran una relación básica fuerte entre el volumen de diseño o el ingreso y el total de abordaje, el control del desempeño de la ruta puede ser realizado únicamente con estudios de frecuencias y cargas. Bajo esta opción, el aforador, ubicado en la sección de máxima demanda, toma lectura de los volúmenes de pasajeros y unidades que pasan por dicho punto de aforo.

Es recomendable que una empresa que por vez primera recaba información sobre la oferta y la demanda en su red establezca mínimamente durante la fase inicial de recopilación de información la elaboración de dos estudios que serán la base de partida de su sistema de información. Estos estudios son: la encuesta de origen y destino y los estudios de ascenso y descenso en cada una de sus rutas, mismos que se pueden efectuar simultáneamente. A su vez, es recomendable que las empresas de transporte establezcan un programa de monitoreo periódico en sus rutas efectuando mínimamente los estudios de frecuencias y cargas así como de tiempos de recorrido y demoras.

7.2.2 Estudios de la fase inicial

Los estudios que se tratarán son los relativos a la encuesta de origen y destino así como los estudios de ascenso y descenso. Si bien existen procedimientos para efectuar ambos estudios al mismo tiempo y que han sido utilizados con éxito en algunas ciudades mexicanas, se muestran ambas técnicas por separado con el fin de diferenciarlas.

7.2.2.1 Encuesta de origen y destino abordo del transporte público

Si bien la importancia de este tipo de encuesta es palpable y que requiere un equipo especializado de personal de campo así como de gabinete para su realización, se considera prudente señalar y comentar los pasos que se han de llevar a cabo para su correcta elaboración.

El procedimiento general recomendado para realizar una encuesta de origen y destino abordo de unidades de transporte [2, 3, 4] se sintetiza en la Figura 7.1. Como se observa, el procedimiento se divide en cuatro grandes componentes: la preparación de la encuesta; la aplicación de la encuesta; la captura y validación de la encuesta y; la expansión de la muestra y procesamiento de los resultados. A continuación se comenta cada uno de los pasos generales de una encuesta de origen y destino.

Preparación de la encuesta

Delimitación del área de estudio. Es importante establecer desde un inicio los límites que abarcará el estudio, tanto físicos como de estructura de la red. Esto implica señalar el cordón externo que circundará el área de estudio, mis-

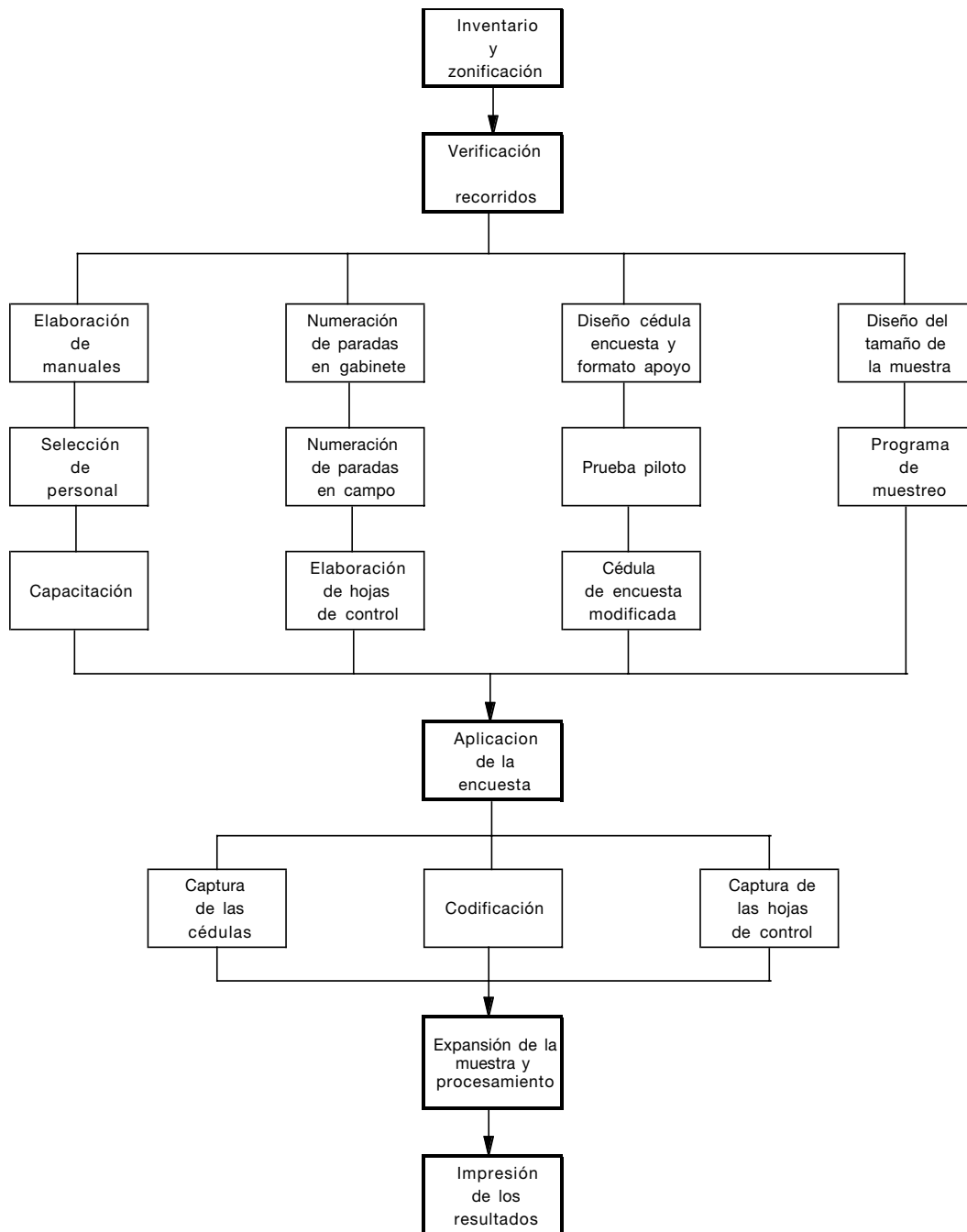


Figura 7.1.
Metodología de una encuesta de origen-destino abordo del transporte público.

ma que incluirá el área de desarrollo urbano que pudiera habitarse dentro del periodo que se estima que los resultados de la encuesta serán válidos.

Entre los criterios que permiten definir esta área se encuentran la densidad de población; las áreas de trabajo que presentan una influencia sobre el área de estudio; así como otros límites geopolíticos o de otros estudios relacionados. Es recomendable evitar límites discontinuos o sinuosos y considerar las ubicaciones adecuadas para los puntos de entrevista al lado de las carreteras.

Este cordón externo permitirá verificar los resultados de la encuesta a partir de los conteos paralelos que se lleven a cabo así como del cruce con otra información derivada de otras fuentes de consulta.

Asimismo, es importante contar con un inventario actualizado de las empresas y rutas que operan en el área de estudio y verificar los derroteros en campo con el fin de contar con una versión actualizada de los recorridos así como la ubicación misma de las paradas. Esta información debe vaciarse a un plano en el que aparezcan las rutas y las paradas, mismas que serán numeradas para facilitar su identificación.

Zonificación. La información que va a ser recolectada consistirá en una gran variedad de viajes con orígenes, destinos, propósitos y medios utilizados que deben ser relacionados con otros factores económicos, sociales y de tránsito. Por ello la cantidad de información que se genera solamente servirá para confundir y oscurecer las principales relaciones de no contar con una agregación lógica de la misma. Esto conduce a que el grado de agregación varíe conforme los requerimientos particulares, motivo por el cual es útil contar con las herramientas adecuadas para subzonificar a diferentes niveles de planeación y para diferentes propósitos.

El área de estudio debe dividirse en un sistema de zonas geográficas, las cuales serán utilizadas para analizar y pronosticar la información sobre población y empleo, así como para resumir los intercambios de viajes en matrices que son utilizadas para la asignación de viajes a la red. Se debe tener presente que este sistema de división geográfica podrá ser utilizado para diferentes propósitos (planeación estratégica, planeación a nivel corredor y planeación de la operación) por lo que el concepto de una sola zonificación que sirva para todos los propósitos no es válido.

Los adelantos tecnológicos en materia de informática han permitido el desarrollo de sistemas de información geográfica, en los cuales cualquier tipo de datos sobre un área geográfica pueden ser almacenados y manejados. Esta información puede incluir población, usos del suelo, características de viajes,

catastro, entre otros. Un elemento clave de este sistema es contar con información hasta el nivel geográfico mas detallado. Su principal ventaja es que se puede crear un sistema de zonas jerarquizado en el que la unidad básica puede ser una cuadra y la jerarquía irá a unidades censales, zonas de análisis de transporte, ciudades, municipios, estados y regiones. En el caso de México, se cuenta con información sobre población y otra información socioeconómica a nivel de las Areas Geoestadísticas Básicas (AGEB), a partir de la cual se deben efectuar las agregaciones anteriores.

Se considera que los viajes empiezan en el centro geográfico (centroide) de la zona origen y terminan en el centroide de la zona de destino. Cuando la zona es muy grande, los supuestos anteriores pueden tener consecuencias de consideración en el proceso de asignación [5], siendo los principales:

- Los viajes cuyo origen y destino están en la misma zona (viajes intrazonales) no aparecen en la red.
- La longitud de los viajes es considerada de centroide a centroide, lo que hace que para zonas adyacentes, la relación entre la longitud del viaje real y la longitud del viaje entre centroides varíe desde cero hasta la raíz cuadrada de cinco.
- Los viajes por lo general son asignados a la trayectoria cuya selección es altamente influenciada por la ubicación de los conectores de centroides.

Por ello, una vez definida el área de estudio, se debe proceder en gabinete a zonificar o subdividir esta área bajo criterios de homogeneidad en cuanto a densidad de población, ingresos, usos de suelo y tamaño entre otros aspectos. Entre las muchas recomendaciones posibles que se pueden dar en esta fase de la preparación de la encuesta están [6, 7]:

- El tamaño de la zona debe ser más reducido cuanto mas cercano esté a los centros de actividades ya que se requiere conocer con mayor detalle la generación y atracción de viajes que se dan en dichas zonas.
- Entre mas grande sea la zona, mas grande será la desviación o error. Sin embargo, entre mas largo sea el viaje en relación a la raíz cuadrada del tamaño de la zona, menos importante es el error en la estimación de la longitud del viaje basado en los centroides de las zonas.
- Entre mas largo sea el viaje, menor es el error en la selección de la trayectoria.

- Entre mayor sea la distancia del origen al enlace o arco o tramo de transporte, menor es el error en el tamaño de la zona y la localización del centroide.
- Las zonas adyacentes entre si deben ser de un tamaño similar en cuanto a su potencial generador de viajes y con movimientos uniformes similares.
- Se deben tener presentes las barreras naturales (ríos, barrancas, lagos) así como las barreras artificiales (vías de ferrocarril, autopistas) en el diseño de una adecuada zonificación.
- La homogeneidad de la zona es importante en cuanto al uso de suelo y a su densidad y normalmente se establece esta homogeneidad en función de la actividad predominante de uso de suelo.
- Un criterio que determina el tamaño de una zona es la capacidad de su red vial. Se considera que a un nivel de saturación de un vehículo por cada dos personas éste limita la población de la zona entre 1,500 y 3,000 habitantes y para las zonas industriales entre 1,000 y 2,500 habitantes.
- Se recomiendan áreas aproximadas de 1 km² de tal manera que se reduzcan los errores al asumir que el centroide zonal es el centro de la red vial. Este centroide se determina ya sea por la generación de viajes o la densidad de población. Cuanto mas pequeña sea la zona mas amplia tendrá que ser la labor de encuestamiento para obtener información estadísticamente válida y por ende se requerirá de un mayor esfuerzo computacional en las siguientes etapas de modelaje. Sin embargo la relación de viajes intrazonales a zonales debe ser lo menor posible. Los costos del estudio generalmente son proporcionales al cuadrado del número de las zonas.
- Los límites de las zonas se determinan por la red de transporte público y deben cubrir las paradas principales de transporte público y los movimientos del corredor con las vialidades principales bisectando la zona.
- Para ciertos niveles de planeación a nivel estratégico así como para la presentación de resultados, las zonas pueden agruparse en sectores o distritos. A su vez, ciertos análisis detallados requieren que las zonas tengan la flexibilidad de dividirse en subzonas mas pequeñas.
- Otra consideración que debe tenerse presente en cuanto a los límites zonales se refiere a la compatibilidad que debe presentar con las divisiones urbanas que contempla el Instituto Nacional de Estadística,

Geografía e Informática (INEGI) en cuanto a sus Areas Geoestadísticas Básicas (AGEB).

Estas consideraciones sugieren el establecimiento de un sistema de zonas muy pequeñas que puedan ser agregadas en sistemas de zonas alternos, dependiendo del tipo de problema o propósito del análisis que se pretenda realizar. En estudios de zonificación para el Area Metropolitana de la Ciudad de México se ha manejado un nivel jerárquico consistente en subzonas, zona de análisis del transporte, distrito y superdistrito. La Figura 7.2 muestra la zonificación a nivel distrito del Area Metropolitana de la Ciudad de México, misma que fue utilizada en las encuestas de origen y destino de 1983 y 1987 [2, 8, 9].

Las subzonas son equivalentes a las AGEBs, siendo la unidad mínima para la cual existe información sobre población y empleo, por lo que se puede considerar como la base del sistema jerárquico de zonas.

A su vez, la zona de análisis de transporte será la unidad geográfica utilizada para asignar los viajes a las líneas de transporte público o vialidades y en la cual una zona está compuesta por una o varias subzonas. Este sistema de zonas será el punto de partida para crear las matrices de viajes entre zonas. Por otra parte, los distritos son una agregación de zonas y buscarán, en lo posible respetar los límites político-administrativos, pudiéndose integrar hasta unas 15 zonas por distrito.

Finalmente, los superdistritos son una agregación de distritos y, representarán por lo general, agregación de comunidades y/o municipios. Tanto los distritos como los superdistritos permiten elaborar resúmenes comprensibles de las características de viajes de la región, labor difícil de lograr y visualizar cuando se maneja una menor división. El Cuadro 7.3 muestra un ejemplo de un sistema de zonas jerarquizado para el Area Metropolitana de la Ciudad de México, mientras que la Figura 7.3 ilustra este concepto de jerarquización.

Diseño de la muestra. A partir de la información preliminar con que se cuente sobre la demanda de transporte en la ruta o red de transporte a encuestar, se procederá a estimar la premuestra requerida para el estudio. Esta muestra depende primero del propósito para el que la información está siendo recopilada y segundo de la precisión que se requiera. Si el propósito del estudio es obtener medidas del comportamiento de todos los pasajeros utilizando el sistema, por ejemplo, crear una matriz de viajes de zona a zona, entonces se deberá muestrear el sistema completo. Si por el contrario, el propósito de la encuesta es obtener las características de los usuarios que utilizan una ruta



Fuente: Referencia [2].

Figura 7.2.
Zonificación y líneas de deseo a nivel distrito de la encuesta de origen-destino de l Metropolitana de la Ciudad de México 1987.

FUNCIONES	UNIDAD GEOGRAFICA
Definen patrones y cambios de factores demográficos y de uso de suelo que afectan la demanda de transporte	16 delegaciones y 28 municipios
Indican cambios en distribuciones de viaje que afectan los corredores	43 superdistritos
Se utilizan para crear pronósticos de viajes para medios específicos	de 100 a 150 distritos
Se utilizan para recopilar información demográfica y de uso de suelo	3,700 subzonas
<p><i>Nota:</i></p> <p>Por medios se entiende el transporte masivo, los trenes regionales y suburbanos, el tren ligero, grupos de rutas de autobuses, vialidades con acceso controlado y vialidades primarias.</p> <p>Las unidades geográficas son recomendaciones que representan cifras aproximadas y que permiten explicar la agregación y desagregación de las unidades geográficas.</p>	

Cuadro 7.3.
Jerarquía geográfica propuesta para la planeación del transporte en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

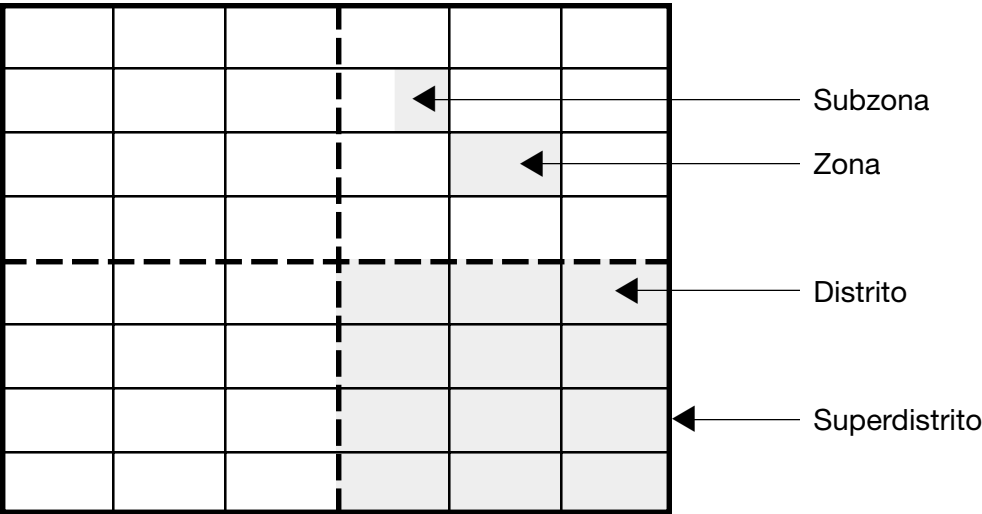


Figura 7.3.
Jerarquización de un sistema de zonas.

específica o un corredor en particular en la que operan ciertas rutas, entonces únicamente estas rutas deberán muestrearse.

Generalmente, se conoce el número de unidades asignadas y la longitud de la ruta, con lo cual se puede obtener el número total de corridas que se efectúan en la ruta, bajo el supuesto de una velocidad promedio. Asimismo, si se considera una afluencia promedio por corrida y se relaciona ésta con el número total de corridas se puede estimar el volumen total de pasajeros que mueve la ruta y su agregación nos dará el volumen total de la red.

A partir de esta información, se puede preestimar la muestra que se requiere para cumplir con ciertos parámetros de confiabilidad así como de variabilidad de la información. El tamaño de la muestra estará en función de la precisión y el nivel de confianza requerido, siendo el 95% el nivel usualmente utilizado. A su vez, se debe determinar el tipo de muestreo, ya sea éste un muestreo aleatorio simple o por estratos.

En el muestreo aleatorio simple se considera la variación que se presenta en los viajes a lo largo del día está regida por la siguiente fórmula:

$$n \times k = \frac{N \times K \times C^2}{C^2 + \left[N \times K \left(\frac{d}{z} \right)^2 \right]}$$

donde:

k = número de viajes por autobús muestreados

n = número de días por muestrear

K = número de viajes programados por día

N = número de días en la temporada analizada

C = coeficiente de variación

d = precisión deseada expresada como una fracción de la media

z = estadístico normal para el nivel de confianza deseado

En el muestreo por estratos se consideran las variaciones que se pueden dar en los parámetros analizados, en este caso por las variaciones horarias así como las variaciones entre días de la semana. Si la variación de la oferta de servicio a lo largo de la semana es poca, entonces es recomendable utilizar el procedimiento anterior. La fórmula viene dada por:

$$k = \frac{K \times C_w^2}{\left[\left(\frac{d^2}{z^2} \right) \times K + (K \times C_b^2) \right] + C_w^2 - K C_b^2}$$

donde:

C_w = coeficiente de variación horaria equivalente a C del método anterior

C_b = coeficiente de variación entre diferentes días de la semana

Es recomendable estratificar la muestra por ruta ya que esto permite asegurar su representación a este nivel. Esta estratificación se hace formando grupos de vehículos con características comunes, lo que resulta en una mayor precisión de la muestra y una representatividad de todas las rutas [2, 3]. Las variables de estratificación que se consideran son:

- **Ruta.** Al seleccionar muestras de vehículos de transporte público por ruta, se asegura que se obtendrá información representativa de cada ruta. Esto permite desarrollar análisis de rutas individuales.
- **Dirección.** Normalmente, el comportamiento de una ruta indica que aquella que va al centro de la ciudad por la mañana presenta un mayor volumen de usuarios que las que viajan hacia la periferia en el mismo periodo. Por ello, es recomendable esta estratificación.
- **Hora del día.** Los volúmenes de usuarios abordando vehículos de transporte público varían a lo largo del día, por lo que es importante obtener una muestra a lo largo de todo el día, recomendándose cubrir los periodos pico y valle tanto matutinos como vespertinos.

Diseño del cuestionario. El cuestionario o cédula de encuesta tiene como propósito recabar información sobre los siguientes aspectos principales: el origen y el destino de los viajes, la cadena de medios de transporte utilizados, los motivos para realizar el viaje, entre otros aspectos.


Es importante establecer si el cuestionario será contestado por el usuario directamente o el encuestador será el que formule las preguntas. En todo caso es requisito indispensable que el fraseamiento de la pregunta sea el adecuado y que la secuencia en que se realicen las preguntas siga la secuencia lógica de los pasos que se siguen para realizar el viaje.

La Figura 7.4 muestra un ejemplo de un cuestionario diseñado para ser entregado al usuario para que éste lo conteste. Se observa que está impreso por ambas caras; en una de ellas se explica al usuario el propósito de la encuesta, se le exhorta a contestarlo y le proporciona las instrucciones para su llenado y manejo.

En la cara opuesta, se encuentran las preguntas de la encuesta. Con el fin de obtener un alto índice de respuesta en las preguntas que se estiman ele-

Anverso

Reverso

<p style="text-align: center;">QUEREMOS MEJORAR EL TRANSPORTE</p> <p style="text-align: center;">AYUDENOS, CONTESTANDO LAS PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO QUE SE ENCUENTRAN AL REVERSO</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">POR FAVOR, ENTREGUE EL CUESTIONARIO AL BAJAR DEL CAMION, SI LO HA LLENADO O NO</p> <hr style="border: 1px solid black; margin: 20px 0;"/> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">¡GRACIAS POR SU AYUDA!</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 20px;">  <div style="text-align: right;"> <p>Permisarios de Autobuses Suburbanos</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">Favor de llenar este cuestionario Nº 499400</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">USO OFICIAL</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">USO OFICIAL</div> </div> <p style="font-size: 8px; margin-top: 5px;">Si no sabe la dirección, indique cerca de que lugar conocido se encuentra. Ejemplo: Toreo, Plaza Satélite, Zócalo, Torre Pemex, etc.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>1. De donde viene? (Marque un solo cuadro)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">19 20 21 22</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> casa trabajo escuela otro </div> <p>2. Escriba la dirección del lugar de donde viene.</p> <p>Colonia: _____</p> <p>Calle: _____</p> <p>Municipio o delegación: _____</p> <div style="display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">23 24 25 USO OFICIAL</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>3. En que llegó a la parada donde se subió a este camión? (Marque un solo cuadro)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">26 27 28 29 30</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> camión metro pesero a pie otro </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>4. A donde va? (Marque un solo cuadro)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">31 32 33 34</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> casa trabajo escuela otro </div> <p>5. Escriba la dirección del lugar a donde va.</p> <p>Colonia: _____</p> <p>Calle: _____</p> <p>Municipio o delegación: _____</p> <div style="display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">35 36 37 USO OFICIAL</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>6. En que piensa irse cuando se baje de este camión? (Marque un solo cuadro)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: inline-block;"></div> </div> <div style="text-align: center; font-size: 8px;">38 39 40 41 42</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> camión metro pesero a pie otro </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <p>7. Sugerencias para mejorar el Transporte: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> </div>
---	---

Fuente: Referencia [3].

Figura 7.4.
Ejemplo de cuestionario para una encuesta origen-destino.

mentales, se debe limitar al mínimo el número de éstas. Su redacción debe ser clara y concisa. Es conveniente separar claramente la secuencia de las preguntas, para facilitar su respuesta por lo que se recomienda integrar las preguntas en tres componentes: lo relativo al origen; lo relativo al destino y; las preguntas complementarias, adicionales o de opinión sobre el servicio.

Es conveniente efectuar una prueba piloto para detectar el grado de entendimiento que presenta cada pregunta y ajustar las mismas a un vocabulario accesible al usuario. Con los resultados que se obtengan, se deberá revisar el cuestionario y realizar los ajustes y cambios que se consideren necesarios.

Aplicación de la encuesta

Programa de trabajo. Con la definición del tamaño de la muestra a nivel ruta, se procede a elaborar un programa de trabajo detallado en donde se establecen las rutas que serán encuestadas cada día y se le asignan los equipos necesarios para que encuesten y el número mínimo de corridas que deben efectuar. Es conveniente establecer un proceso ordenado de encuestamiento; es decir, iniciar el encuestamiento en las rutas ubicadas al norte y proceder con el encuestamiento conforme el movimiento de las manecillas del reloj [10].

Con este programa de trabajo se definen los requerimientos de personal encuestador y del material requerido para levantar las encuestas. Es conveniente definir con anterioridad el perfil de cada puesto para reducir la alta rotación de personal que invariablemente se presenta.

Asimismo, es recomendable que el personal que participe en la encuesta desarrolle las diferentes actividades que se presentan. Así pues, el técnico que desarrolla actividades de verificador de recorridos posteriormente puede desempeñar funciones de supervisor durante la encuesta. Esta política de exponer al personal a dos o mas tareas permite familiarizarlos desde un inicio con los objetivos y metodología de la encuesta, además de reducir la rotación de personal.

Selección y capacitación del personal. En forma paralela a la selección de personal se requiere capacitarlo por lo cual es recomendable la elaboración de un manual de procedimientos del encuestador, en el que se trata de manera detallada las tareas, el equipo y material necesario y la manera en que deben llenarse las diferentes formas de control. Adicionalmente, al supervisor se le requiere capacitar sobre la forma en que debe despachar al personal, llenar controles y manejar el material.

La capacitación debe cubrir dos etapas: una teórica y otra práctica. La primera incluye la presentación de los conceptos básicos y el entendimiento del manual, así como efectuar un ejercicio de simulación en una unidad fuera de servicio con el propósito de detectar errores, aclarar dudas y además de visualizar algunas situaciones específicas que pudieran presentarse con el operador o con el usuario y la forma de manejarlas.

La etapa práctica consiste en efectuar un recorrido en la cual se pone al encuestador en contacto con las condiciones reales de trabajo: la unidad en movimiento y las actitudes y respuestas mas comunes del usuario hacia la encuesta.

Método de aplicación. El método de aplicación dependerá si el usuario es el que contesta directamente el cuestionario o el encuestador es el que realiza las preguntas. Esta actividad requiere de una buena organización y un excelente seguimiento diario de las actividades que se efectúan.

Las cédulas llenadas deben pasar una revisión de tal forma que se encuentren en el orden debido para que estas sean turnadas al proceso de codificación.

Codificación, captura y validación

El proceso de codificación consiste en anotar en la cédula de encuesta el código numérico correspondiente a la zona de origen y a la zona de destino conforme a la zonificación realizada en su oportunidad. Adicionalmente, se anota en el cuadro correspondiente el número de la parada donde se recojió la encuesta. Finalmente, en esta etapa se organiza la información relativa a los folios de las tarjetas así como verificar la calidad de la información recabada.

Por su parte, la actividad de captura tiene por objeto introducir al sistema de cómputo la información asociada a la encuesta, debidamente codificada. Es importante establecer una serie de lineamientos que rijan la captura de la cédula con el fin de minimizar los errores, siendo algunos de ellos los siguientes: el rango de folios existentes, los rangos de los números de paradas, el número de zonas, entre otros.

Expansión y procesamiento

La muestra obtenida debe ser expandida con el propósito de obtener el universo de viajes que utilizan la red en cuestión. Para ello se hace necesario

obtener los factores de expansión, mismos que se aplican a la matriz base. Entre las consideraciones que deben tenerse presente para la expansión de la muestra están:

- las frecuencias observadas
- la expansión por hora del día
- la expansión por motivo de viaje
- la expansión conjunta de motivo y hora del día
- la no respuesta
- los periodos de expansión

Resultados

Los productos obtenidos de una encuesta de origen y destino abordo pueden clasificarse de acuerdo con su naturaleza en tres grandes grupos:

Información relativa a los desplazamientos de la población. Esta se refiere principalmente a las matrices de origen y destino que se generan, pudiendo ser una matriz horaria, en la que se presentan los flujos entre cada par de zonas o subzonas para las diferentes horas del día, así como el total de viajes que genera y atrae cada subzona. Naturalmente, el nivel de agregación puede ser a nivel ruta, a nivel empresa o a nivel sistema. Asimismo, se puede generar una segunda matriz en la que se muestran los flujos entre pares de zonas desagregados por motivo de viaje.

Información que describe el comportamiento de la demanda sobre la red. En función de la forma en que se diseñe la encuesta y los objetivos que persiga, es factible obtener parámetros de como se comporta la demanda dentro del sistema así como la intensidad con la que se utiliza cada parada, pudiéndose obtener reportes referentes a los ascenso y descensos, polígonos de carga y afluencias de pasajeros a cada una de las paradas.

Indices operativos del sistema. La gran cantidad de información que se genera permite obtener índices de operación a nivel de ruta, empresa o sistema, siendo la mas frecuente de obtener la siguiente: ocupación de la unidad por día, velocidad de operación, intervalo de paso, captación por kilómetro, distancia recorrida por el usuario, transbordos, entre otros.

7.2.2.2 Estudio de ascenso y descenso

Este estudio es una pieza fundamental para obtener información sobre la cantidad de pasajeros que abordan y descienden de una unidad de transporte en horas y puntos determinados a lo largo de una ruta. Esta información permite revisar la ubicación de paradas o de los cierres de circuito así como incrementar o reducir los recorridos pero principalmente sirve al programador de la operación para determinar las secciones de máxima demanda, tramo con cuyos resultados se dimensiona la ruta.

Los estudios de ascenso y descenso proveen la información más completa, especialmente si se puede tomar lectura de los usuarios que abordan por tipo de tarifa o se toman los tiempos de recorrido entre paradas y el tiempo que dura la parada. Sin embargo, este tipo de estudio no recopila los índices de transferencia, las características, patrones de viaje o las actitudes del usuario, aspectos que solo se pueden obtener a partir de la encuesta antes presentada.

En base a estos estudios el operador puede calcular el trabajo total de la ruta en pasajeros-kilómetro por hora y con algunas modificaciones, la distribución de las longitudes de viaje. Esto representa virtualmente toda la información necesaria para la programación y análisis de la operación, el alargamiento o reducción de una ruta, la eliminación de algunas paradas, entre otros aspectos.

Procedimiento

La realización de este estudio consiste básicamente en obtener el número de pasajeros que abordan y descienden de una unidad a nivel parada a lo largo de la ruta analizada conforme a una muestra previamente establecida. A continuación se presentan los pasos a seguir.

Tamaño de la muestra

En virtud de que cada ruta o línea de transporte público posee características operacionales muy particulares que dependen, entre otros aspectos, de la cantidad y tipo del parque vehicular que tiene asignado; de la zona de la ciudad a la que sirve; de la infraestructura vial que utiliza y; de la forma en que se opera la ruta se hace recomendable plantear el método de muestreo utilizando como unidad muestral la *corrida*, entendiéndose por ello el viaje terminal a terminal que realiza la unidad en una sola dirección. En diversos estu-

dios [2, 3] se ha constatado que la *corrida* es la única unidad de muestreo viable en el medio mexicano puesto que la mayor parte de los despachadores reasignan su parque vehicular entre las diferentes rutas que controlan conforme a criterios particulares y no predecibles, lo que obliga al aforador a cambiar frecuentemente de unidad.

Por otra parte, se ha observado que la *corrida* asegura una mayor aleatoriedad en la selección de la muestra y ofrece la flexibilidad necesaria durante la ejecución del trabajo en campo. Ejemplos claros de esta situación se dan en casos de descomposturas de la unidad o falta de cooperación del operador.

De esta manera, el tamaño de muestra o números de corridas a mostrar asignados a cada ruta se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \times C^2}{C^2 + \left[N \left(\frac{d}{z} \right)^2 \right]}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

N = número de corridas

C = coeficiente de variación en el día con objeto de obtener, a partir de los ascensos, los valores de carga máxima

d = precisión deseada expresada como una función de la media

z = estadístico normal para el nivel de confianza deseada

Para ello, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Cada ruta debe ser muestreada por lo menos un día
- Coeficiente de variación c igual a 0.35 (valor recomendable para nuestro medio)
- Precisión d deseada expresada como una fracción de la media ($d = 0.15$)
- Nivel de confianza del 95%
- Asignación aleatoria de corridas por conglomerado
- Muestreo aleatorio simple sobre el número total de corridas

De los supuestos anteriores, los dos primeros no se pueden aceptar tan fácilmente como los dos siguientes supuestos que son intrínsecos a la aleatoriedad del fenómeno bajo estudio.

Para validar el primer supuesto, se requiere revisar la información disponible acerca de los reportes diarios de operación sobre la ruta o red en estudio, con el objeto de cuantificar adecuadamente las características del transporte urbano de pasajeros. Con base en esta información, se analiza el número de corridas y el número de pasajeros diarios para las rutas que existe información y se realizan pruebas de igualdad de medias y análisis de varianza con el objeto de detectar posibles diferencias en las distribuciones de las variables aleatorias que miden el número de recorrido y el número de pasajeros diarios por ruta.

Del análisis de los datos presentados para cada ruta se debe probar la hipótesis que las medias de las distribuciones para los diferentes días hábiles son iguales, contra la hipótesis alterna que alguna media es distinta. En diversos estudios se ha observado que de acuerdo con esta información que con un nivel de confianza del 95% la hipótesis de igualdad de medias es correcta.

De acuerdo con las condiciones en que operan los sistemas de transporte en México, el muestrear una ruta única y exclusivamente durante un día de la semana, nos permite asegurar con un 95% de confianza, que cualquiera que fuera el día de la semana muestreado, el resultado será representativo de la operación de la ruta.

En cuanto al segundo supuesto, las recomendaciones de diversas publicaciones [11, 12] sugieren utilizar un coeficiente de variación del 0.35. Asimismo, los resultados de diversas encuestas y estudios completos de ascensos y descensos en la Ciudad de México presentan coeficientes de variación dentro de este techo [2]. El Cuadro 7.4 muestra que únicamente sobrepasa al coeficiente de variación de 0.35 (supuesto), el valor obtenido para la distancia media recorrida por el usuario, pero el promedio de este coeficiente de variación está muy por debajo de este valor (0.1215). Esto permite considerar como aceptable que para nuestro medio se diseñe el tamaño de muestra suponiendo un coeficiente de variación menor al 0.35.

Procedimiento del levantamiento de la información

El estudio consiste en abordar la unidad con dos aforadores y asentar en un formato similar al mostrado en la Figura 7.5, todos los ascensos y descensos que se efectúen en cada parada de la ruta (o paradas seleccionadas, con la consecuente agregación de viajes). Asimismo, el aforador ubicado en la puerta posterior anotará, en caso de haber, el número de pasajeros que no pudieron abordar por falta de cupo, o bien, tomar los tiempos de llegada y salida de

cada parada. Esto permite obtener información adicional, la cual dependerá de las necesidades mismas del análisis que se esté llevando a cabo. A su vez, el aforador de la parte delantera puede obtener información referente a la forma de pago y evasión del usuario. En ambos casos, los aforadores deben detectar los ascensos y descensos que se den por la parte que se encuentran aforando, si es este el caso.

Los *estudios de ascenso y descenso* permiten obtener información confiable y completa cuando es realizada por personas capacitadas para ello. Si se utilizan los conductores de los vehículos para recopilar la información, la experiencia muestra que los resultados son menos confiables ya que dicha recopilación es secundaria a la responsabilidad primaria de conducir el vehículo.

La capacitación que se debe dar, se describe posteriormente dentro del inciso referente a los estudios de frecuencia y cargas. Usualmente es más sencillo contar los ascensos y descensos que la ocupación del vehículo, considerando que el aforador puede ubicarse dentro del vehículo de tal forma que pueda observar todas las puertas.

El equipo de trabajo que se requiere consiste en un formato, tablero de apoyo, bolígrafo y reloj. Es conveniente utilizar una sola hoja de campo para cada recorrido o vuelta, así como indicar previamente las ubicaciones de las paradas.

Productos

Es recomendable efectuar este estudio a lo largo del periodo de servicio, con el fin de obtener las variantes en la demanda y en los movimientos que se pueden presentar a lo largo del día. Los productos que se obtienen de un estudio de campo de este tipo son los siguientes:

- ***Polígonos de carga.*** Un producto importante del estudio son los valores promediados de ascensos, descensos y usuarios abordo, con lo que se genera un polígono de carga, el cual servirá de base para el cálculo de los pasajeros-kilómetro y la determinación de la sección de carga máxima. Un ejemplo de este polígono se muestra en la Figura 7.6.
- ***Ocupación promedio de la unidad.*** Este valor se obtiene de dividir el volumen de pasajeros que mueve la ruta entre el número total de corridas realizadas.
- ***Distancia promedio de viaje.*** Se estima para cada ruta la distancia promedio que recorre el usuario abordo de la unidad a partir de los

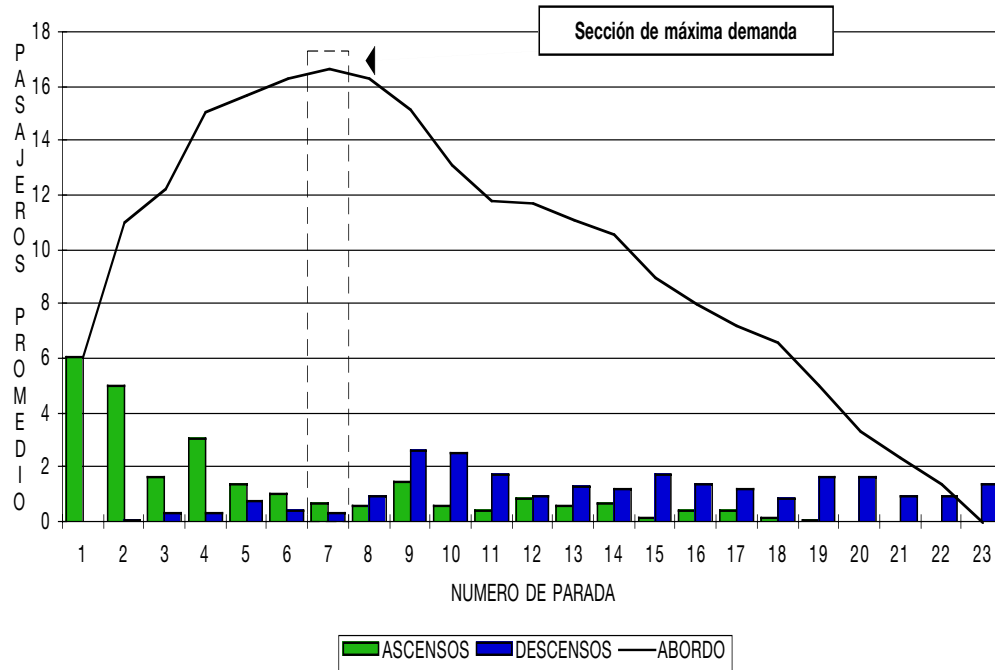


Figura 7.6.
Polígono de carga de la línea de trolebuses Metro Tasqueña-Culhuacán.

resultados del polígono de carga y de la distancia existente entre paradas consecutivas.

- **Paradas importantes.** Se identifican las afluencias de pasajeros a las paradas, en el caso de una ruta y de la agregación de todos los movimientos diarios realizados en una misma parada para todo el sistema.
- **Volúmenes de pasajeros.** Se obtiene el volumen de pasajeros que mueve cada ruta al relacionar las frecuencias de paso con la ocupación promedio por corrida.

La decisión de cuando realizar este estudio depende en el costo y la necesidad de información precisa. Cuando el prestatario del servicio pueda pagar estos estudios, será preferible a los estudios de frecuencia y carga, puesto que provee una información mas detallada sobre la ruta.

Para un servicio de frecuencia intensiva, especialmente en líneas de metro, es mucho mas eficiente el ubicar a uno o más investigadores en cada estación, dentro del área de acceso a la misma.

Procesamiento de la información recabada

La gran cantidad de información que se recaba en un estudio de esta naturaleza invariablemente debe ser sintetizada. Es recomendable que esta síntesis se efectúe por periodos del día, pudiendo ser por periodos de máxima demanda y periodos valle. Por tal motivo, el primer paso en el procesamiento de la información consiste en agrupar y promediar los valores obtenidos dentro de un periodo particular e integrarlos en un formato resumen como el mostrado en la Figura 7.7.

En este formato [13], el analista integra la información recopilada en campo por el aforador, a la vez de generar varios parámetros que mas adelante se tratarán. Si se observa el formato resumen, la primera columna corresponde al número clave que identifica cada una de las paradas, aspecto que es importante considerar cuando el estudio se está haciendo a nivel de todas las rutas de un área urbana. A su vez, la segunda columna permite al lector del formato resumen ubicarse dentro del contexto urbano al indicarse el nombre de las vialidades que se intersectan mas próximas a la parada. Es recomendable que la numeración de paradas siga alguna lógica, con lo cual se facilitará la ubicación de las mismas con mayor rapidez.

La tercera y cuarta columna están asignadas para el vaciado de la información, ya promediada, de los ascensos y descensos que se realizaron en cada parada. Como se observará en el formato, las columnas anteriores se subdividieron para desagregar los movimientos de ascenso y descenso por la misma puerta.

La quinta columna corresponde al cálculo de los usuarios que van abordo de la unidad, valor que se obtiene de sumar los usuarios que van abordo de la unidad con los que suben en la parada y restar los que bajan en dicha parada. Naturalmente, si la ruta tiene cierres de circuito o terminales, la cantidad de usuarios abordo de la unidad, tanto al inicio como al término de la ruta debe ser nula.

La sexta columna consiste en el vaciado de la distancia, medida en campo o en gabinete, existente entre paradas. Este valor será utilizado para el cálculo de los vehículos-kilómetro (séptima columna) al multiplicar esta distancia entre paradas por el número de usuarios a bordo entre estas dos mismas paradas.

Por su parte, en la octava columna se vacían los tiempos promedio que la unidad estuvo detenida en la parada con el fin de permitir el ascenso y/o descenso de los usuarios así como tiempos adicionales que la unidad espere

Municipio de Irapuato, Guanajuato				Urbanismo y Sistemas de Transporte, SA de CV							
Resultados operativos y de demanda				Consultores en Transporte Urbano							
Nombre de la Ruta: COL. PLAYA AZUL - OBRERO MUNDIAL											
Ruta No: 13											
Nombre de la Empresa: Sioc. Coop. de Autotransporte Colectivom de Irapuato, SCL											
Procesaron:		ROBERTO C. SANCHEZ		Promedio		Tiempo terminal A:					
y		SERGIO MARTINEZ M.		Tiempo de recorrido A (min): 30.75		Tiempo terminal B:					
				Tiempo de recorrido B (min):30.00							
Num de Parada	Ubicación de la Parada	Ascenso		Descenso		A Bordo	Distancia entre paradas (km)	Pas-km	Tiempo de		Velocidad Comercial (km/h)
		delantera	trasera	delantera	trasera				parada (seg)	recorrido (seg)	
3204	OBRERO MUNDIAL Y AV. DEL TRABAJO	3.75	0	0	0	3.75		0.90			
1307	AV. DEL TRABAJO Y ALONDIGA DE GRANADITAS	5.5	0	0	0	9.25	0.24	1.85	37.67	55.5	15.57
3202	BOLIVAR	0.75	0	0	0	10	0.20	1.85	3.67	101.00	7.13
1308	1° DE MAYO	0.5	0	0	0	10.5	0.19	2.73	4.00	43.00	15.49
1306	1° DE MAYO Y TORRES LANDA	1.75	0	0	0	12.25	0.26	5.21	17.00	50.50	18.53
106	REVOLUCION	3	0	0	0.5	14.75	0.43	5.02	20.00	79.50	19.25
13	REVOLUCION Y MANUEL DOBLADO	0	1.25	1	15.75	0.34	4.33	29.33	154.50	7.92	
14	REVOLUCION Y GUERRERO	1	0	0.5	0.25	16	0.28	3.28	26.50	76.00	13.03
220	REVOLUCION Y 5 DE FEBRERO	1.25	0	2.25	0.5	14.5	0.21	3.77	16.33	38.75	19.05
121	RAMON CORONA	0	0	0.75	0	13.75	0.26	2.13	6.00	40.50	23.11
325	RAMON CORONA Y PIPILA	4.75	0.5	4.25	1.75	13	0.16	0.98	115.50	67.75	8.24
15	HIDALGO	1	0	0	0	14	0.08	6.58	0.00	24.50	11.02
16	CALZ. INSURGENTES	0.5	0	0.25	0	14.25	0.47	4.99	20.50	117.67	14.38
1707	CALZ. INSURGENTES Y PIPILA	0	0	0.25	0	14	0.35	4.62	4.00	59.50	21.18
1825	CALZ. INSURGENTES Y LOPEZ COTILLA	0.25	0	0	0	14.25	0.33	6.06	5.00	63.25	18.78
327	CALZ. INSURGENTES Y SOSTENES ROCHA	0.75	0.25	0.75	0	14.5	0.43	5.80	11.00	102.00	15.00
813A	CALZ. INSURGENTES Y MONTE PARNASO	0.25	0	0.5	0	14.25	0.40	1.64	4.00	33.75	42.67
813	CALZ. DE LOS INSURGENTES Y CASIMIRO LICEAGA	0	0	0.5	0	13.75	0.12	3.30	17.00	33.75	12.27
1305	CASIMIRO LICEAGA Y DELGADO	0	0	0	0	13.75	0.24	1.31	14.00	25.75	33.55
1304	DIAZ ORDAZ Y DELGADO	0	0	1	0	12.75	0.10	4.46	16.33	18.25	18.74
1303	DIAZ ORDAZ Y LAZARO CARDENAS	0	0	2.75	0.5	9.5	0.35	3.90	12.00	97.25	12.96
1302	DIAZ ORDAZ Y LOS PINOS	0	0	2	1.25	6.25	0.41	2.69	39.25	45.25	32.62
1301	HERMANOS LICEA	1.25	0	1.75	2.5	3.25	0.43	0.20	7.67	58.25	26.58
1300	HERMANOS LICEA Y COLIMA	0	0	2.25	1	0	0.06	0.00	0.00	181.50	1.19
1300	HERMANOS LICEA Y COLIMA	0.75	0	0	0	0.75		0.05			
1301	YUCATAN	2.75	0	0	0	3.5	0.06	1.51	0.00	47.25	4.57
1302	DIAZ ORDAZ Y LOS PINOS	2.75	0	0	0	6.25	0.43	2.56	17.25	243.75	6.35
1303	DIAZ ORDAZ Y LAZARO CARDENAS	1.25	0	0.25	7.25	0.41	2.54	11.00	156.75	9.42	
1304	DELGADO Y DIAZ ORDAZ	0.75	0	0	0.5	7.5	0.35	0.71	28.00	94.25	13.37
1305	CASIMIRO LICEAGA Y DELGADO	0	0	0	0	7.5	0.10	1.80	3.00	38.25	8.94
813	CALZ. INSURGENTES Y CASIMIRO LICEAGA	0.75	0	0.25	0	8	0.24	4.20	0.00	78.00	11.08
327	SOSTENES ROCHA Y CALZ. DE LOS INSURGENTES	0.25	0.25	0.25	0	8	0.53	2.40	8.00	88.50	21.36
814	SOSTENES ROCHA Y CORREGIDORA	0.75	0	0.25	0	8.5	0.30	1.87	7.00	65.25	16.55
815	SOSTENES ROCHA Y TERAN	1	0	0	1.5	8	0.22	2.80	17.50	50.50	15.68
325	RAMON CORONA Y PIPILA	0.25	0	1	2.25	5	0.35	0.35	100.75	100.75	12.51
15	A. OBREGON Y HIDALGO	2.5	0	0	0	7.5	0.07	1.76	0.00	28.25	8.92
103	MANUEL DOBLADO	0.25	0	0.5	0	7.25	0.24	2.28	9.00	94.25	8.98
326	MANUEL DOBLADO Y LEANDRO VALLE	0.25	0	MANUEL DOBLADO	0.25	6.5	0.32	1.92	72.50	65.00	17.45
104	OCAMPO	0	0	0	0	6.5	0.30	0.81	3.00	72.00	14.75
105	DIAZ ORDAZ	0	0	0	0	6.5	0.13	0.85	0.00	25.50	17.65
12	REVOLUCION	1.25	0	0	0	7.75	0.13	1.16	0.00	40.25	11.63
106	1 ° DE MAYO	0.25	0	0	0.25	7.75	0.15	3.29	15.75	41.50	13.01
1306	1 ° DE MAYO Y JUAN TORRES LANDA	0.75	0	1.5	1	6	0.43	4.05	7.00	62.25	24.58
3204	AV. DEL TRABAJO Y OBRERO MUNDIAL	0	0	2.5	3.5	0	0.68	0.00	0.00	124.50	19.52

Bajo este mismo orden de ideas, el formato permite agregar los datos a nivel corrida o vuelta, con lo cual se obtienen entre otros valores, la cantidad de pasajeros que utilizó la ruta, la longitud total de la ruta, la cantidad de pasajeros-kilómetro servidos, el tiempo total de recorrido así como el tiempo invertido por concepto de paradas. A su vez, el análisis de la columna de pasajeros abordo, permite determinar la ubicación de la sección de máxima demanda.

La información contenida en el formato hace factible la estimación de una serie de parámetros adicionales importantes para la operación y el dimensionamiento mismo de la ruta. En el caso de la rotación, ésta es estimada al relacionar los usuarios que abordan la unidad entre los usuarios que van abordo en la sección de máxima demanda. La distancia promedio recorrida por usuario resulta de relacionar la cantidad total de pasajeros-kilómetro entre el número total de usuarios que abordan la unidad. Finalmente, la captación por kilómetro es el resultado de dividir el total de usuarios que abordaron la unidad entre la longitud de la ruta, mientras que la ocupación por kilómetro se obtiene de la relación de pasajeros-kilómetro entre la longitud de la ruta.

7.2.3 Estudios de la fase de monitoreo

Los estudios que se tratarán son los relativos a obtención de las frecuencias y las cargas así como la revisión periódica de los tiempos de ciclo o de recorrido y las causas de las demoras que presente.

7.2.3.1 Estudio de frecuencias y cargas (demanda puntual)

Este estudio de campo tiene como objetivo conocer el número de vehículos y usuarios que pasan por un determinado punto de una misma ruta dentro de un periodo de tiempo preestablecido. Su importancia radica en que es el punto de partida para el proceso de dimensionamiento, para la preparación de itinerarios y para determinar tanto la oferta como la demanda de transporte. Este estudio permite contar con información actualizada sobre la demanda a lo largo de varios periodos del día y debe ser considerada como una actividad rutinaria. Se realizan estos estudios en la sección de máxima demanda o puntos donde se integran varias rutas de transporte público.

La sección de máxima demanda se determina a partir de los estudios de ascenso y descenso, conforme al procedimiento ya descrito y se revisa a intervalos amplios de tiempo, por ejemplo, cada cinco años. El proceso del estudio anterior permite calcular la carga en una unidad en cada parada para cada ve-

hículo y por lo tanto para la ruta y establece el punto de la ruta donde la carga máxima de usuarios tiende a acumularse. Esto es significativo puesto que es el punto de control para efectuar observaciones relativas a la demanda y su distribución en el tiempo, aspectos que debe manejarse dentro de un itinerario, ya sea actual o propuesto. Una vez determinado este punto de máxima demanda para la ruta en cuestión, las cargas se aforan en un proceso rutinario y sistemático.

Los estudios de frecuencias y cargas proveen una información más escueta que los estudios de ascenso y descenso. Sin embargo, si se utilizan varios puntos de control a lo largo de la ruta entonces se incrementa la utilidad de esta técnica ya que se obtiene información en otros tramos de la ruta, lo cual es importante en rutas que sirven a más de un centro de actividad comercial, industrial o de negocios.

Información requerida

La información que se obtiene de un estudio de frecuencias y cargas es la siguiente:

- Nombre o número de la ruta
- Ubicación donde se efectúan los aforos
- Dirección del viaje
- Número económico del vehículo, o en su caso, placa o matrícula de la unidad
- Hora de llegada al punto de aforo
- Intervalo entre vehículos
- Frecuencia de la ruta
- Número de usuarios o carga en las unidades
- Tipo de unidad con que opera (esto es, autobús, minibús, articulado)

Las condiciones del clima, el día de la semana y el nombre del aforador se incluyen en un formato de aforo de frecuencias y cargas como el mostrado en la Figura 7.8, así como las observaciones particulares que se pudieran dar al momento de efectuar los aforos.

De la información recopilada, se obtienen los siguientes datos:

- ***Frecuencia de paso.*** Se obtiene de contar las unidades que pasan durante determinado periodo. A su vez, el intervalo se obtiene al sacar el inverso de la frecuencia.

Detalle del procedimiento

De la información obtenida en campo, el aforador mismo calcula la información referente al intervalo (frecuencia) que se está manteniendo, separa la información por periodos de tiempo predeterminados y calcula y promedia la carga de pasajeros dentro de cada periodo [14]. Es importante que el aforador cuente con un reloj, una tabla de apoyo y un bolígrafo además de los formatos de campo y contabilice correctamente el número de pasajeros a bordo.

Un aforador experimentado primeramente anota el número económico del vehículo y, en su caso, el número de corrida y tipo de unidad. A continuación, anota la hora de llegada de la unidad poco antes de que llegue al punto de aforo, permitiendo unos cuantos segundos para que el vehículo llegue. De esta manera, solo resta anotar la carga que se presenta al momento de llegar al punto de aforo. En ningún caso, el aforador podrá solicitar al operador de la unidad que detenga la misma mientras que el conteo se lleva a cabo.

El aforador debe anotar en su formato toda la información particular que tenga una relación con el aforo realizado. Así por ejemplo, se debe señalar la presencia de vidrios ahumados que hacen difícil observar las cargas, los cambios en las rutas, por citar algunos. Asimismo, deberá numerar, fechar y firmar sus hojas de campo y al término de su labor las deberá entregar en la oficina respectiva o a su supervisor inmediato.

Para vehículos de superficie, un solo investigador normalmente puede realizar el trabajo en cada punto de control. Si la ruta presenta gran volumen de vehículos de transporte público o tiene abordaje simultáneo de varios vehículos, se necesitan dos o mas investigadores y en el caso de estudios en estaciones de metro en donde se operan trenes, los equipos de aforo son mucho mayores.

Es importante entrenar al aforador sobre las técnicas de conteo. Generalmente, no se pueden obtener conteos exactos debido al corto tiempo en que el vehículo hace la parada, y por ende el observador debe saber como hacer una estimación rápida del número de personas en el vehículo. Para ello, es importante que el aforador se entrene en la estimación rápida en ubicaciones donde se pueden hacer conteos exactos para comparar con las estimaciones y con ello poder corregir las tendencias a contar de más o de menos. Además, el investigador debe saber el número exacto de asientos y la capacidad total del vehículo, de tal forma que esto le permita estimar el número de usuarios en un vehículo lleno o, cuando existan algunas personas de pie, pueda sumar éstos a la capacidad total de asientos del vehículo.

Generalmente, el aforador puede contar el volumen en el vehículo que llega así como el ascenso y descenso. Esta información adicional permite tener conteos para las secciones de antes y después de esa parada o estación.

Las cargas se suman y se promedian normalmente por periodos de 15 minutos durante las horas de máxima demanda y por 30 minutos durante los periodos de mínima demanda. Si bien es difícil establecer periodos de aforo generalizados para diferentes empresas y ciudades, puesto que sus demandas no se comportan de la misma manera, el Cuadro 7.5 sirve de base para integrar un programa de aforos. Los tiempos de aforos deben ser tomados con segundos, por lo que se recomienda el uso de relojes digitales.

Conteo de la carga

Los aforadores que realicen conteos del número de usuarios deberán estimar la cantidad de usuarios abordo de las unidades por lo que se requiere cierta experiencia e instrucciones precisas de como llevar a cabo este estudio. Esto implica capacitar al personal bajo la supervisión directa de un aforador experimentado. La carga de pasajeros en una unidad puede considerarse como uno de los siguientes tipos generales:

- *Bajo número de pasajeros sentados.* Es el mas fácil de contabilizar debido al bajo número de usuarios que permiten que el aforador cuente los pasajeros en la unidad.

Servicio	Duración de los aforos	Periodo de aforo (minutos)		
		Día hábil	Sábados	Domingos
Madrugada	4:00 a 6:00	30	30	30
HMD matutina	6:00 a 9:00	15	15	30
Valle matutino	9:00 a 12:00	30	30	30
HMD medio día	12:00 a 15:00	15	15	30
Valle vespertino	15:00 a 18:00	30	30	30
HMD vespertino	18:00 a 20:00	15	15	30
Nocturno	20:00 a 24:00	30	30	30

Cuadro 7.5.

Periodos de aforo en función del horario de servicio.

- *Alto número de pasajeros sentados.* Su conteo se complica por lo que se recomienda contar el número de asientos vacíos y restar esta cantidad de la capacidad de asientos que tiene la unidad y agregar esta cantidad al número de pasajeros de pie, de presentarse esta situación.
- *Pasajeros sentados y de pie.* Consiste en contar el número de usuarios de pie y de existir, substraer el número de asientos vacíos. A esta cantidad habrá que agregar la capacidad de asientos de la unidad aforada.

La ubicación particular del aforador en el punto de control dependerá de cual sea el ángulo de donde obtenga una mejor visibilidad de la unidad. Normalmente, el aforador deberá colocarse en el lado opuesto al frente del vehículo cuando éste llega a la parada. Esta ubicación le permitirá caminar a lo largo de la unidad, lo cual facilitará el conteo adecuado de los pasajeros. Al contabilizar los movimientos en ambos sentidos, el aforador deberá seleccionar una ubicación que facilite el conteo de cargas en la dirección de los vehículos que presentan el mayor movimiento de pasajeros. Las unidades que se mueven en la dirección opuesta deberán ser contabilizadas mientras están en movimiento, pero al tener normalmente cargas bajas, no se experimenta dificultad alguna en su conteo. En caso contrario, deberá agregarse los aforadores adicionales necesarios.

Asignación de actividades de aforo, comportamiento y pruebas de exactitud

Al ser este tipo de aforos una actividad que debe efectuarse regularmente y en forma rutinaria, es recomendable preparar un programa de trabajo para que el grupo de aforadores conozca de antemano los aforos que deberá efectuar.

La información que levanta el aforador es importante para revisar la eficiencia de los itinerarios y en sí la eficiencia misma de la operación. Cualquier inexactitud en los conteos se reflejará en los itinerarios y podrán conducir a supuestos erróneos cuando se preparen nuevos itinerarios. Por ello, se deberán verificar periódicamente los resultados presentados por los aforadores. Esta revisión consiste en que un supervisor aborde una unidad en la ruta que se está aforando y que contabilice exactamente los usuarios que se encuentran abordo conforme la unidad pasa por el punto de conteo. Una diferencia representativa entre los conteos del aforador y del supervisor ameritará una llamada de atención al aforador.

Periodicidad de los aforos

Es recomendable efectuar un programa regular, progresivo y sistemático de aforos de este tipo de tal manera que el departamento de operación o tráfico esté informado y actualizado de las condiciones de la demanda en cualquier momento. Bajo un programa sistemático, las rutas de una red deberán ser aforadas bajo la periodicidad aproximada mostrada en el Cuadro 7.6.

Tipo de Ruta	Número máximo de unidades en la HMD	Periodicidad de los aforos
Ruta con alta demanda	mas de 25 unidades	Cada cuatro semanas
Ruta con demanda media	entre 15 y 24 unidades	Cada seis semanas
Ruta con baja demanda	entre 5 y 14 unidades	Cada doce semanas
Ruta suburbana	—	A partir del número de corridas

Cuadro 7.6.

Periodicidad en la realización de aforos de cargas y frecuencias.

Es recomendable que cuando estos aforos se realicen por primera vez, tengan una duración de 16 a 18 horas ya que permitirá observar con detalle las fluctuaciones en la carga a lo largo del día. Bajo condiciones normales, estos aforos de 16-18 horas pueden ser espaciados en periodos mas largos y complementados con aforos efectuados únicamente durante las horas de máxima demanda.

Se debe llevar un seguimiento, tanto de las fechas en que se efectuaron los aforos como de los resultados obtenidos, en cada una de las rutas de la empresa y adicionalmente al programa rutinario de aforos, se deberán efectuar aforos especiales cuando se cumplan con las siguientes condiciones:

- Cuando los aforos de cargas y frecuencias muestran que se están presentando condiciones anormales, motivo por el cual se deben hacer aforos de la ruta con mayor frecuencia.
- Cuando los reportes del área de operación indican que se están desarrollando condiciones problemáticas, que inducen a revisar nuevamente la ruta.

- Cuando circunstancias especiales producen un desplazamiento de la sección de máxima demanda para algunos viajes, motivo por el cual dichas secciones o puntos deben ser revisados.
- Cuando se requiere un análisis de usuarios transbordando de una ruta a otra en un punto de transbordo, momento en el cual se requiere revisar las cargas de llegada y salida de dicho punto.
- Cuando se requiere información especial referente a las cargas en relación a estudios de planeación e investigación.

Normalmente, se mantiene una plantilla de aforadores para las actividades rutinarias, contratándose a personal externo cuando se efectúa un programa de aforos mas extenso, o en su defecto, se utiliza a operadores de reserva para efectuar estas actividades, si el *Contrato Colectivo de Trabajo* lo permite y los operadores seleccionados han sido capacitados para esta actividad.

Estadística de las cargas

A nivel operación, no es práctico obtener un cuadro mental de las características de la carga de pasajeros de un ruta mediante una revisión individual de los datos conforme van llegando. Por ello, es necesario establecer un formato que resuma la información de las cargas de tal forma que los resultados de varios días puedan ser visualizados simultáneamente. Esto permitirá observar la eficiencia de la operación actual y establecerá la base para la elaboración de nuevos programas de servicio en un futuro próximo.

La Figura 7.9 muestra un modelo de este formato, del que se explica su llenado y utilización al ser una parte importante de la evaluación de la operación de una ruta. Entre los pasos recomendados están:

- Anotar lo datos generales de la rutas, tales como nombre y número de la ruta, número de itinerario (en su caso), tipo de itinerario, terminales de la ruta y ubicación del punto de aforo, número económico (en su caso) y horas de salida (a partir del la hoja del despachador).
- Dividir los periodos de tiempo en periodos de 15 o 30 minutos, según los criterios antes anotados.
- Anotar la información obtenida de los aforos en las columnas y renglones apropiados de la hoja de estadística. Cada columna está identificada por el día y la fecha del aforo (A) y se anota la información para cada sentido (centro-periferia; periferia-centro) así como para los

Ruta: Metro Tasqueña - Tenorios									
HOJA DE RESUMEN DE CARGAS									
Departamento de Itinerarios									
Itinerario #: 2893									
Tipo Itinerario: día hábil									
ustran									
Hora programada en: Metro Tasqueña									
Viaje al centro revisado en: Av Santa Ana y Calz de la Salud									
Fecha de la Revisión									
Intervalo propuesto									
# económico	Hora programada	miércoles 10.4.93	jueves 25.4.93	viernes 14.5.93					
		CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA			
13	15:59	179 12	19 191	44 12	11 56	151 17	19 168		
14	16:02	11	21	23					
15	16:05	14	17	12 18	13 18				
16	16:06	15	19	21					
18	16:11	31	16	18					
7	16:14	16 87	20 88	14 89					
1	16:17	21	17	16					
4	04:48	14 21	15 19	13 14					
5	16:23	17	12	10					
6	16:25	34	28	13					
8	16:28:30	20 106	21 93	18 70					
9	16:30:30	4	2	5					
10	16:33	18	13	36					
11	16:35	5 17	3 16	7 18					
12	16:37:30	33	37	35					
13	16:39:30	20	29	26					
14	16:42	28	17	7					
15	16:44	14 122	13 114	8 124					
16	16:46:30	16	9	16					
17	16:48:30	1	4	3					
18	16:51	14 14	11 12	9 8					
7	16:53	21	16	9					
1	16:56:30	17	13	8					
2	16:57:30	12	0	5					
4	17:00	14 95	29 82	4 54					
5	17:02:30	25	17	16					
6	17:04:30	18	18	14					
8	17:07	18	17	26					
9	17:09:30	9	7	6					
10	17:12	17	16	15					

Hora programada en: Tenorios									
Viaje a la periferia revisado en: Av Santa Ana y Eje 3 Ote									
Fecha de la Revisión									
Intervalo propuesto									
# económico	Hora programada	martes 2.4.93	miércoles 10.4.93	jueves 25.4.93	viernes 14.5.93				
		CARGA	CARGA	CARGA	CARGA	CARGA			
13	16:16	27	44	30	41				
14	16:19	47	37	33	43				
15	16:22	43 38	39 38	31 32	21 33				
16	16:25	36	34	34	26				
18	16:28	38 191	37 191	34 162	36 167				
7	16:31	55	44	51	36				
1	16:34	51 48	25 40	18 44	48 44				
4	16:37	42	34	53	38				
5	16:40	54	46	48	53				
6	16:43	38 240	52 201	50 220	45 220				
8	16:45:30	45	32	52	36				
9	16:47:30	41	46	21	36				
10	16:50	61 50	62 44	43 44	64 42				
11	16:52	59	42	42	41				
12	16:54:30	50	16	52	28				
13	16:56:30	32	44	54	43				
14	16:59	63 351	67 309	42 306	43 291				
15	17:01	57	72	40	35				
16	17:05:30	45	58	46	62				
17	17:05:30	34 52	52 63	43 56	38 52				
18	17:08	65	50	67	57				
7	17:10	52	71	65	54				
1	17:12:30	61	65	67	49				
2	17:14:30	49 363	73 441	63 391	70 365				
4	17:17	55	58	71	57				
5	17:19:30	61	67	72	61				
6	17:21:30	53 57	74 68	49 63	56 58				
8	17:24	50	71	69	60				
9	17:26:30	59	76	63	61				
10	17:29	62 340	63 409	54 378	54 349				

Valor que sobrepasa la norma de carga de 53 pasajeros por autobús

A

B

C

Fuente: A partir de Referencia [14].

Figura 7.9.
Hoja resumen de cargas.

periodos aforados y se determina el número total de pasajeros obtenidos para el periodo en cuestión (B), anotando el resultado en la columna respectiva. El total del periodo se divide entre el número de unidades que contribuyeron al total con el fin de obtener el promedio de la carga por vehículo (C), anotándose en la columna respectiva. El procedimiento se repite conforme se requiera.

- Conforme se transfieren los conteos de cargas, el analista observa los valores para detectar cargas anormales. Los promedios calculados para cada periodo en un día determinado permiten al analista comparar las cargas para un periodo con la norma de carga previamente establecida. Después de que se han anotado varios días, es posible comparar las cargas para vehículos individuales así como los promedios diarios por periodos lo que permite la detección de unidades que consistentemente transportan cargas altas o bajas. Al mismo tiempo, esta comparación muestra si el promedio de carga por vehículo está variando lo que determina la necesidad de un nuevo programa de servicio.
- Finalmente, si se observa la Figura 7.9 anterior, se colocó un círculo alrededor de aquellos valores de unidades individuales que sobrepasan la norma de la empresa para la revisión de los programas de servicio durante determinados periodos de 15 minutos. Si se tiene que los autobuses que utiliza la empresa tienen una capacidad total de 53 pasajeros; todos los valores mayores a 53 se señalan como sobrecargas permitiendo observar una tendencia al incumplimiento de la normatividad. Esto trae en consecuencia la detección de sobrecargas que indican la necesidad de adicionar unidades al servicio y reordenar los programas de servicio de la ruta de tal forma que las cargas promedio actuales regresen a niveles cercanos a la norma.

7.2.3.2 Estudios de tiempo de recorrido

Causas de demoras

Los estudios de tiempos de recorrido y demoras tienen por objeto checar las ubicaciones, duraciones y causas de demoras que las unidades de transporte público experimentan durante su operación. A partir de la longitud de la ruta, de los tiempos de recorrido y demoras medidas en diferentes períodos del día, se calcula la velocidad de operación, la lentitud del servicio [4, 15] y la

confiabilidad del servicio, información necesaria para la programación de la operación. Adicionalmente, la información que se obtiene puede ser utilizada para encontrar las causas principales y las ubicaciones de las demoras y con ello el poder planear su eliminación.

A diferencia de los estudios de frecuencias y cargas, estos estudios no se realizan a intervalos regulares, anuales o temporales, sino que se realizan en rutas en donde se planea un nuevo servicio, o en las rutas existentes cuando se observa un incremento en las irregularidades o se desea realizar mejoras en la operación del transporte.

Su levantamiento se realiza durante los periodos en que se presentan condiciones de congestionamiento del tránsito; es decir, durante las horas de máxima demanda en rutas radiales o al medio día en centros de actividad. Con el objeto de obtener resultados representativos, se deben realizar varios recorridos en un día y repetirlos en otros días hábiles.

Generalmente, un estudio de esta naturaleza lo realiza un aforador abordo de la unidad, quien se ubica en el asiento delantero derecho con el fin de que pueda observar las causas de las demoras. Durante su entrenamiento, es importante que se le defina al aforador lo que se entiende por demoras, cómo clasificar las causas de demoras y qué claves utilizar.

El equipo de trabajo del investigador consiste en un formato de campo similar al mostrado en la Figura 7.10, el tablero de apoyo, un bolígrafo y un cronómetro para medir las demoras. El formato presenta columnas para la ubicación, la duración y causas de la demora y reducción de la velocidad. A cada causa se le da una clave para facilitar en su escritura.

Se pueden utilizar varias hojas de resumen para los estudios de velocidad y demora dependiendo del uso que se les vaya a dar. Un ejemplo se muestra en la Figura 7.11. La velocidad promedio siempre es calculada; algunas veces las variaciones en los tiempos de recorrido se calculan para encontrar la confiabilidad la cual influye en la duración de los tiempos terminales. Para el análisis de posibles mejoras, las demoras son clasificadas por causas individuales y se calculan sus porcentajes. Para graficar el diagrama de tiempo-distancia del recorrido del vehículo es necesario resumir los tiempos de recorrido por tramos de ruta.

Los estudios de velocidad y demoras no se realizan en sistemas de metros ya que no presentan esas demoras; sin embargo, se realizan estudios similares para medir los tiempos de parada en las estaciones y los regímenes de viaje entre estaciones con mucha más precisión que para el transporte público superficial.

[illegible]

Figura 7.10.
Formato de campo para tiempos y demoras.

Además de los ajustes en la programación y planeación de mejoras en la operación, los resultados que se obtienen de este estudio pueden servir para controlar el desempeño de los operadores, así como para medir los efectos de cambios, tales como: nuevas rutas; cambio a un sólo sentido de circulación; eliminación de estacionamiento; entre otros. Para este propósito es recomendable realizar estudios *antes* de efectuar los cambios y *después* de efectuarlos, con el fin de valorar los resultados obtenidos.

Tiempos de recorrido

Es importante que se tenga a la mano información adecuada y correcta sobre los tiempos estimados de recorrido de las rutas y en especial para la prepara-

MUNICIPIO DE IRAPUATO, GUANAJUATO Estudio Integral de Transporte Urbano de Irapuato Resumen de tiempo y demoras									
Urbano y Sistemas de Transporte, SA de CV Consultores en Transporte Urbano									
Empresa: Omnibus del Centro SA de CV Nombre de la Ruta: CARMELITA - FRACC. LAS AMERICAS No. de Ruta: 01 Fecha:									
Concepto Demoras	Recorrido Número 1			Recorrido Número 2			Recorrido Número 3		
	Segundos	%	en demoras	Segundos	%	en demoras	Segundos	%	en demoras
Ascenso/Descenso	821	73.90%	20.80%	764	73.41%	18.80%	752	80.25%	21.83%
Congestionamiento	31	2.97%	0.77%	53	5.11%	1.29%	1	0.09%	0.02%
Entrada-Salida de vehículos	14	1.35%	0.35%	21	1.97%	0.50%	18	1.96%	0.53%
Falla mecánica	2	0.23%	0.06%	9	0.90%	0.23%	4	0%	0.10%
Movimiento de vuelta en "U"	13	1.22%	0.31%	8	0.74%	0.19%	7	1%	0.17%
Pedones cruzando u obstruyendo	25	2.45%	0.63%	51	4.88%	1.24%	38	4.14%	1.12%
Permanencia en base intermedia	97	9.44%	2.43%	96	9.22%	2.44%	59	6.31%	1.70%
Señalero en alto	25	2.45%	0.63%	35	3.38%	0.86%	28	2.79%	0.75%
Tiempo perdido intenc. (sentada)				4	0.40%	0.10%	34	3.66%	0.98%
Tope o vibradores							7	0.71%	0.19%
Unidad det. por A.D. de otra unidad							1	0.09%	0.02%
Unidad estacionada									
Suma de demoras	1,028	100.00%	25.78%	1,041	100.00%	25.33%	938	100.00%	26.95%
Tiempo de Recorrido [s]	3,985			4,110			3,479		
Tiempo de Terminal [s]	707			413			495		
Concepto Reducción de Velocidad	%			%			%		
Camino de terracería o empedrado	17%			15%			19%		
Congestionamiento	9%			8%			8%		
Entrada-Salida de vehículos	3%			1%			1%		
Falla mecánica	3%			7%			2%		
Mov. de vuelta izq., der. o en "U"				1%					
Pavimento en mal estado	6%			2%					
Pedones cruzando u obstruyendo	3%			3%			7%		
Señalero				60%			65%		
Tiempo perdido intenc. (sentada)	1%			3%					
Tope o vibradores									
Unidad estacionada									
Promedio									
Tiempo de la demora por causa									
Segundos									
%									
Tiempo Total del recorrido invertido									
en demoras									
Orden de Importancia como causa de demoras									
1	779	75%	20.28%						
5	28	3%	0.69%						
6	18	2%	0.46%						
9	4	0%	0.10%						
8	7	1%	0.17%						
3	38	4%	0.99%						
2	59	6%	2.16%						
4	28	3%	0.75%						
7	13	1%	0.36%						
10	2	0%	0.06%						
11	0	0%	0.01%						
Suma de demoras	1,002	100.00%	26.02%						
Tiempo de Recorrido [s]	3,658								
Tiempo de Terminal [s]	538								
Promedio									
%									
17%									
8%									
1%									
4%									
0%									
3%									
2%									
62%									
1%									

Fuente: Referencia [13]..

Figura 7.11.

Formato resumen del estudio de tiempos y demoras.

ción de los programas de servicio. Este parámetro determina en buena medida el grado de conveniencia que el usuario recibirá de un itinerario desde el punto de vista de velocidad y de los tiempos experimentados en sus viajes. Asimismo, tiene mucho que ver con la eficiencia de un itinerario y los costos que resultan de su operación desde el punto de vista de la empresa.

El estudio de los tiempos de recorrido permite evaluar el desempeño de velocidades para una unidad determinada cuando se opera bajo las condiciones actuales de servicio en la vialidad. Cualquier unidad de transporte está sujeta a los efectos de varios tipos de demoras conforme circula en su derrotero y estos efectos varían marcadamente a lo largo del día. Así por ejemplo, durante las horas de máxima demanda el volumen de tránsito existente hace que el transporte público compita por el espacio vial y contribuye al congestionamiento.

Durante estas horas, un buen número de usuarios del transporte público utilizan el servicio para llegar a sus lugares de trabajo lo que ocasiona una mayor carga en las unidades; una mayor incidencia de ascensos y descensos en las paradas; una mayor solicitud de paradas por el usuario y por ello una mayor permanencia y finalmente; un mayor tiempo empleado por los usuarios para moverse en el pasillo saturado de la unidad. Cada uno de estos elementos contribuyen a incrementar el tiempo de recorrido.

Por otra parte, durante los periodos de baja demanda, las cargas son relativamente menores lo que conduce a un menor tiempo de parada y un menor intercambio de pasajeros. El volumen de tránsito se reduce durante estos periodos y las unidades se pueden mover mas fácilmente en la vialidad urbana lográndose menores tiempos de recorrido.

Sin embargo, hay que tener presente que en una buena parte de los sistemas de transporte que actualmente operan en México se presenta el fenómeno de una operación individualizada que conduce a tiempos de recorrido similares para los periodos de máxima demanda y valle. Esto se debe a que, al no ver una exigencia sobre la eficiencia en la operación, el operador efectúa lo que en el medio se conoce como *sentadas* (prolongar el tiempo de parada innecesariamente), con el fin de captar mayor pasaje [13].

Es importante que la empresa que busque economías en su operación preste atención a las variaciones que se presentan en los tiempos de recorrido durante las diferentes épocas del año, durante los diferentes días de la semana y las variaciones horarias a lo largo del día. Esto permitirá ajustar los programas de servicio a estas variaciones y lograr la máxima eficiencia posible de los itinerarios que se planteen.

Puntos de control de los tiempos de recorrido

Es importante que una empresa establezca sus puntos de control a lo largo de cada una de sus rutas y en ambos sentidos con el fin de controlar la operación de los vehículos programados. El propósito principal de estos puntos de control es lograr mantener las unidades con un espaciamiento adecuado y evitar que el operador se *salte* la demanda de pasajeros y le imponga la carga al vehículo que le sigue o bien, se *detenga* para captar una mayor demanda, reduciendo la carga a las unidades que le siguen. Naturalmente, la utilización de puntos de control implica una adecuada supervisión y disciplina.

Es recomendable que una empresa espacie sus puntos de control de tal forma que los tiempos de recorrido entre estos puntos se encuentre cercano a un promedio de cinco minutos [14]. Asimismo, debe buscarse que estos puntos de control se ubiquen en los principales puntos de transbordo, de atracción/generación de viajes y dentro de la sección de máxima demanda. Los puntos sobre los cuales no es importante una adherencia estricta a los tiempos de llegada, generalmente no son incluidos.

Información requerida

La información que se requiere obtener en un estudio de esta naturaleza consiste básicamente en los siguientes aspectos:

- Nombre y número de la ruta en revisión
- Número de itinerario en proceso de revisión (en su caso)
- Número económico de la unidad
- Número de corrida estudiada
- Día y fecha de la revisión
- Condición del clima
- Firma del aforador
- Tiempo programado en cada punto de control
- Tiempo real en cada punto de control
- Cantidad de segundos *antes o después* de la hora en cada punto de control
- Tiempo de recorrido entre puntos de control
- Cantidad de paradas entre puntos de control
- Pasajeros abordo (carga) en cada punto de control
- Observaciones a las condiciones externas, tales como congestionamiento, interferencia del tránsito, demoras

- Comentarios del aforador en relación al desempeño del operador de la unidad

Esta información procede de un formato similar al ilustrado en la Figura 7.12 y consiste de dos partes:

- La parte izquierda muestra los nombres (y claves de identificación) de los puntos de control y los tiempos de recorrido para el itinerario actual de la ruta dentro del periodo de estudio.
- La parte derecha, muestra la forma de tiempos de recorrido en sí. Se recomienda que ambos formatos se manejen en carpetas de hojas sueltas y se coloquen lado a lado.

Ruta 15 Metro Taxqueña - Tenorios Día hábil		REVISION DEL TIEMPO DE RECORRIDO Departamento de Itinerarios						
		Itinerarios #: 2893		Ruta:	Metro Tasqueña - Tenorios			
		# económico: 13		Corrida #	780 Matutino o Vespertino			
		Día: Viernes		Clima:	Soleado			
Hora Programada	Hora Monitoreo	Adelantado o atrasado	Tiempo Utilizado	Número Paradas	Pasajeros	Observaciones		
8:10	8:10:15	-15	---	---	7	0:30 tiempo terminal		
8:14	8:14:30	-30	4:15	7	24			
8:17	8:16:45	115	2:15	3	36			
8:21	8:20:40	120	3:55	6	45			
8:28:30	8:27:40	150	7:00	9	34			
						5:15		
8:30	8:27:40	150	---	---	3	3:40		
8:34:30	8:34:35	-5	6:55	10	13			
8:38:30	8:38:45	-15	4:10	5	21			
8:41:30	8:41:25	15	2:40	4	9			
8:44:30	8:44:10	120	2:45	4	6			
Fecha: 30 noviembre 1993 P. Heras								

Fuente: A partir de Referencia [14].

Figura 7.12.
Formato para la revisión de los tiempos de recorrido.

Detalle del procedimiento

La importancia de este estudio en el proceso de la elaboración de itinerarios induce a una adecuada selección del equipo de aforadores, por lo que se considera que las características que debe presentar un buen aforador de tiempos de recorrido son las siguientes:

- Es recomendable que sea un aforador experimentado en la toma de frecuencias y cargas.
- Debe ser rápido y exacto en la realización de cálculos matemáticos simples y manejar rápidamente los cálculos de suma y resta de minutos y horas.
- Debe tener la capacidad de seleccionar viajes que realmente sean representativos, para lo cual debe contar con un conocimiento pleno de la red de transporte.
- Debe ser capaz de determinar cuando un viaje ya no es representativo debido a demoras excesivas u otros factores de tal forma que no pierda tiempo revisando un recorrido que los programadores del servicio finalmente descartarán.
- Debe ser confiable y responsable en su trabajo.

El aforador obtendrá la siguiente información en cada punto de control:

- Tiempo actual de llegada de la unidad
- Pasajeros abordo (carga)
- Número de paradas entre puntos de control
- Comentarios y observaciones

De esta información, el aforador calculará en gabinete los tiempos antes o después del tiempo registrado en el punto de control así como el tiempo empleado en recorrer la distancia entre puntos de control. Al estar abordo de la unidad y tener la posibilidad de observar las causas de demoras, es importante que reporte situaciones que afectan la operación eficiente de los programas de servicio existentes, tales como la ubicación de paradas, fases inadecuadas en los semáforos, puntos de conflicto con otros vehículos o con los peatones, entre otras situaciones.

Asignación de trabajo

Los aforadores reciben su carga de trabajo de su supervisor a través de asignaciones por escrito. Estas asignaciones normalmente cubren el trabajo de siete días y se recomienda contar con tres aforadores, dos de ellos cubriendo los turnos matutino y vespertino y el tercero cubriendo las horas de máxima demanda.

El aforador debe contar con una copia de la hoja del despachador para el itinerario actual de la ruta, similar al mostrado en la Figura 7.13. En ella, se muestran las llegadas y salidas de las terminales de la ruta. Es importante que el aforador revise las hojas estadísticas de la ruta con anticipación a iniciar su labor ya que le permitirá detectar aquellas corridas en donde puede esperar las cargas de usuarios mas representativas.

Al iniciar sus labores el aforador ajustará su reloj y en los casos que así se requiera lo ajustará en función del reloj maestro que rige el tiempo de la empresa. Antes de iniciar cada recorrido, el aforador deberá colocar el formato de tiempos de recorrido adecuado en la carpeta opuesto al formato de obtención de tiempos de recorrido (Figura 7.12).

El siguiente paso consistirá en consultar la hoja del despachador, seleccionando una unidad (corrida) para abordarla. Anotará la hora programada de salida en su espacio correspondiente y opuesto a la terminal del que saldrá. Así, irá añadiendo al tiempo de salida de la terminal los tiempos esperados de recorrido y obtendrá los tiempos programados de llegada a los puntos de control.

Al iniciar el recorrido, el aforador se deberá colocar en una posición que facilite la observación del operador de la unidad. Se recomienda que el aforador utilice cualquiera de estas dos ubicaciones:

- Para unidades con cargas altas o bajas, inmediatamente atrás del operador
- Para unidades con cargas bajas, en el lado derecho de la unidad, en la primera fila de asientos

Al salir el vehículo de la terminal, el aforador deberá anotar el tiempo real, en minutos y segundos, de salida y los pasajeros abordo, quedando para el gabinete el cálculo de los tiempos antes y después del tiempo de salida. Entre puntos de control, el aforador deberá contabilizar las paradas que se realicen y estar atento a detectar las posibles demoras que pudieran surgir.

[illegible]

Poco antes de llegar a cada punto de control, el aforador deberá anotar la siguiente información:

- Cantidad de paradas efectuadas entre puntos de control
- Pasajeros abordo al momento de llegar

Esto permite que el aforador pueda anotar tranquilamente el tiempo de llegada de la unidad al llegar al punto de control, quedando pendiente para gabinete el cálculo de los tiempos de adelanto o atraso y el tiempo de recorrido entre puntos de control. Una vez que el vehículo sale del punto de control, se cuenta nuevamente el número de pasajeros abordo y la carga máxima se anota en el formato.

Existen ciertas instrucciones generales que los aforadores deben tener presente:

- Todos los viajes redondos se deben iniciar a partir de la terminal periférica.
- Al terminar un viaje redondo, el aforador debe bajarse de la unidad y abordar el siguiente.
- El aforador debe evitar abordar unidades que están saliendo tarde de sus terminales periféricas.
- El aforador evitará abordar un vehículo que es precedido por uno que está fuera de horario en la terminal periférica.
- En el evento de una causa mayor que ocasione bloqueos, los registros deben cesar hasta que la ruta vuelva a la normalidad.
- Los tiempos perdidos causados por demoras menores debidas a cruces de ferrocarril, vehículos mal estacionados u otras causas deberán ser mencionados en la columna de comentarios.

Registro de corridas realizadas

Con el fin de que los aforadores puedan distribuir correctamente su tiempo a lo largo de los diferentes periodos del día y por ende asegurarse de que obtendrán un número apropiado de corridas durante cualquier periodo del día, se recomienda que lleven un registro del número de corridas que efectúan durante su asignación de trabajo. La Figura 7.14 muestra un ejemplo de este registro.

REGISTRO DE CORRIDAS REALIZADAS								
Ruta: Metro Tasqueña - Tenorios								
Semana del: 5 al 11 de septiembre de 1994								
NUMERO DE CORRIDAS REVISADAS								
	lunes 5.9.94	martes 6.9.94	miércoles 7.9.94	jueves 8.9.94	viernes 9.9.94	sábado 10.9.94	domingo 11.9.94	Total
Madrugada	1	1	1	1	---	---	---	4
HMD matutina	4	4	5	4	---	3	3	23
HV matutina	2	2	2	2	---	6	5	19
HV vespertina	2	2	2	2	6	3	2	19
HMD vespertina	4	3	4	4	3	---	---	18
Tarde	1	1	1	---	3	---	---	6
Nocturna	---	---	---	---	1	---	---	1
Tecolote	---	---	---	---	---	---	---	0

Supervisor: P. Heras

Fuente: A partir de Referencia [14].

Figura 7.14.
Registro de corridas realizadas.

Periodicidad de los aforos

Es recomendable efectuar un programa regular, progresivo y sistemático de tiempos de recorrido de tal manera que el departamento de operación o tráfico esté informado y actualizado de las condiciones que se presentan en la ruta en cualquier momento. Bajo un programa sistemático, las rutas de una red deberán ser aforadas bajo la periodicidad aproximada mostrada en el Cuadro 7.7.

Tipo de Ruta	Número máximo de unidades en la HMD	Periodicidad de los aforos
Ruta con alta demanda	mas de 25 unidades	Cada ocho meses
Ruta con demanda media	entre 15 y 24 unidades	Cada diez meses
Ruta con baja demanda	entre 5 y 14 unidades	Cada año
Ruta suburbana	—	Cada dos o tres años

Cuadro 7.7.
Periodicidad en la realización de aforos de tiempos de recorrido y demoras.

Este tipo de aforos no deben efectuarse durante los meses de vacaciones (junio, julio y agosto) así como tampoco en periodos vacacionales intermedios (Semana Santa y Navidad). Asimismo, es recomendable que este estudio se realice durante toda una semana, rotando al personal para que se levante la información todos los días. Es factible que se requieran algunos aforos adicionales fuera del programa cuando exista alguna de las siguientes condiciones:

- Cuando los aforos rutinarios muestran que se está presentando una condición anormal en la ruta, por lo que la ruta debe ser aforada durante dos semanas consecutivas.
- Cuando se reportan condiciones problemáticas tales como congestionamientos en ciertas rutas y días. En estos casos, se recomienda ampliar el periodo de aforos o bien, efectuar aforos especiales durante los días y horas en que se presente este problema.
- Cuando se modifica en una porción significativa el derrotero de la ruta que induce a ajustar el tiempo de recorrido.
- Cuando se amplía o acorta una ruta significativamente que origina un ajuste al tiempos de recorrido.
- Cuando se prepara un nuevo programa de servicio en el que se pretende utilizar un nuevo tipo o tamaño de unidad que el normalmente utilizado en la ruta.

Normalmente, se mantiene una plantilla de aforadores para las actividades rutinarias, contratándose a personal externo cuando se efectúa un programa de aforos mas extenso, o en su defecto, se utiliza a operadores de reserva para efectuar estas actividades, si el *Contrato Colectivo de Trabajo* lo permite y estos operadores han sido capacitados para esta actividad.

Estadísticas de los tiempos de recorrido

A nivel operación, no es práctico obtener un cuadro mental de los tiempos de recorrido requeridos en una ruta mediante una revisión individual de los datos conforme van llegando. Por ello, se establece un formato que resume la información de los tiempos de recorrido de tal forma que los resultados de varias corridas puedan visualizarse simultáneamente. Esta información permitirá verificar el grado de adaptación del tiempo de recorrido a las condiciones actuales de operación y establece la base para la sugerir cambios en este parámetro.

La Figura 7.15 muestra un modelo de este formato en que antes de anotar la información obtenida en campo, se recomienda rellenar el nombre o número de ruta, el tipo de itinerario y las fechas en que se realizaron los aforos. Los puntos de control se anotan por nombre y clave en la columna del lado izquierdo del formato y los tiempos de recorrido observados se calculan conforme a las instrucciones presentadas mas adelante, anotándose tanto los minutos como los segundos en la columna correspondiente a cada periodo de tiempo.

Periodos de tiempo de recorrido. Una vez que se han efectuado los aforos de tiempo de recorrido, los formatos de trabajo se separan en gabinete en tres grupos distintos: días hábiles, sábados y domingos y días festivos. Los formatos que contienen la información referente a los días hábiles se procesan

[illegible]

Figura 7.15.
Formato resumen de tiempos de recorrido.

y ordenan en los periodos típicos que la empresa considera que se presentan en su sistema en un día dado. Estos periodos, a modo de ejemplo, se muestran en el Cuadro 7.8.

PERIODO DE TIEMPO DE RECORRIDO	LAPSO CONSIDERADO (terminal central)
Madrugada	primera salida hasta 6:29
Hora de máxima demanda matutina	6:30 a 8:59
Valle matutino	9:00 a 11:59
Hora de máxima demanda del medio día	12:00 a 15:59
Valle vespertino	16:00 a 17:59
Hora de máxima demanda vespertina	18:00 a 20:00
Nocturno	20:00 a última llegada

Cuadro 7.8.

Periodos de tiempo de recorrido.

Separación de aforos anormales. Se separan los registros que se muestran como anormales desde un punto de vista de lo que puede considerarse una corrida promedio. Esta decisión se toma principalmente en función de las estadísticas de frecuencias y cargas o bien a otras anomalías, entre las que se encuentran:

- Cargas excepcionalmente altas
- Cargas excepcionalmente bajas
- Accidentes
- Unidades descompuestas
- Manifestaciones o disturbios
- Demoras considerables debido, por ejemplo a cruces del ferrocarril

Formato resumen. Una vez que se han removido los aforos anormales, se procede a vaciar la información en un formato como el mostrado en la Figura 7.15 anterior. Este formato incluye igual número de columnas que el número de periodos de tiempo de recorrido y en cada columna se anota el tiempo promedio de recorrido entre puntos de control (en minutos y segundos). Los periodos de tiempo de recorrido para diferentes días se promedian

y se obtiene el valor representativo de los tiempos de recorrido entre los puntos de control.

Normalmente, los aforadores pueden llevar un registro adicional del tiempo empleado en cada parada o punto de demora, mismo que se anota para cada corrida y se utiliza conjuntamente con otros datos que se obtienen para calcular el tiempo de parada así como estimar la demora promedio que se tiene en la ruta.

La Figura 7.16 muestra un resumen de la información generada a partir de los estudios de frecuencias y tiempos de recorrido en una ruta. Entre la información que se puede generar está:

- Número de corridas
- Número promedio de paradas (en caso de no estar definidas)
- Tiempo de demora promedio debido a las paradas, en segundos
- Ocupación promedio de la unidad (pasajeros por corrida)
- Promedio de paradas por kilómetro o densidad de paradas
- Tiempo promedio de parada, en segundos

Ruta: 15 Metro Tasqueña - Teni						Departamento de Itinerarios		
Tipo itinerario: Día hábil						ustran		
Semana del: 5 al 11 de septiembre de 1994								
INDICADORES	Madrugada	HMD matutina	HV matutina	HV vespertina	HMD vespertina	Tarde	Nocturna	Tecolote
VIAJES CON DIRECCION CENTRO								
Número de corridas	2	10	8	13	9	7	12	
Promedio de paradas	21	25	23	23	22	21	16	
Promedio de tiempos de parada [s]	220	344	293	299	288	256	178	
Carga promedio [pas/corrida]	22	55	36	32	25	23	11	
Paradas promedio por kilómetro [paradas/km]	6.8	8.2	7.5	7.5	7.2	6.8	5.2	
Duración de la parada [s]	10.5	13.8	12.7	13.0	13.1	12.2	11.1	
VIAJES CON DIRECCION PERIFERIA								
Número de corridas	4	8	11	15	9	5	10	
Promedio de paradas	16	21	21	22	23	20	19	
Promedio de tiempos de parada [s]	197	259	233	251	284	186	176	
Carga promedio [pas/corrida]	13	29	20	35	56	27	28	
Paradas promedio por kilómetro [paradas/km]	5.7	6.9	6.9	7.2	7.5	6.6	6.2	
Duración de la parada [s]	12.3	12.3	11.1	11.4	12.3	9.3	9.3	
VIAJE IDA Y VUELTA								
Promedio de paradas	37	46	44	45	45	41	35	
Promedio de tiempos de parada [s]	417	603	526	550	572	442	354	
Carga promedio [pas/corrida]	18	42	28	34	41	25	20	
Paradas promedio por kilómetro [paradas/km]	6.0	7.5	7.2	7.4	7.4	6.7	5.7	
Duración de la parada [s]	11.3	13.1	12.0	12.2	12.7	10.8	10.1	

Figura 7.16.

Resumen de indicadores resultado de las revisiones de los tiempos de recorrido.

Este tipo de información es útil para aquéllos involucrados en el desempeño operativo de las unidades de transporte. Al conocer las características de desempeño de un vehículo, tales como: la aceleración, el frenado, los diagramas velocidad-tiempo, entre otros, y la información anterior (carga promedio, frecuencia y duración de la parada) es posible estimar con una exactitud bastante aceptable el desempeño probable del programa de servicio y los requerimientos de tiempo de recorrido para una ruta o línea determinada.

La información que se obtenga de los tiempos de recorrido debe ser tabulada de tal forma que, por periodos, se puedan conocer las tendencias que presentan los tiempos de recorrido para cada tramo entre puntos de control. La Figura 7.17 muestra un ejemplo de la hoja resumen de recorridos.

Tiempos de terminal o de ajuste del intervalo

El tiempo de terminal o de ajuste del intervalo se integra en los itinerarios como un *colchón* que permite absorber pequeñas demoras que se presentan así como las interferencias que ocurren a lo largo de la ruta. Asimismo, le

Ruta: 15 Metro Tasqueña - Tenorios Tipo itinerario: Día hábil Periodo: HMD matutina									
Departamento de Itinerarios									
ustran									
Día	15	19	21	24	19	20	19	20	
Mes	enero	marzo	enero	marzo	octubre	abril	octubre	septiembre	
Año	1991	1991	1992	1992	1992	1993	1993	1994	
Carga promedio (pasajeros/vehículo)	47	51	51	60	52	64	55		
Terminal Metro Tasqueña									
a Calz Miramontes - Av Santa Ana	4:53	4:53	4:14	4:02	3:54	4:05	4:15	4:06	
a Av Santa Ana - Eje 3 Oriente	3:43	3:08	2:48	2:54	2:54	2:43	3:03	2:49	
a Eje 3 Oriente - Calz de las Bombas	4:41	3:42	3:47	3:36	4:14	4:05	4:23	3:59	
a Terminal Tenorios	7:04	6:03	6:00	6:14	6:04	6:03	6:31	6:34	
Tota	19:21	18:13	16:49	16:46	17:06	16:56	18:12	17:28	
Carga promedio (pasajeros/vehículo)	37	24	18	23	26	24	29		
Terminal Tenorios									
a Calz de las Bombas - Eje 3 Oriente	6:02	7:01	6:03	6:05	5:59	6:23	6:01	6:09	
a Eje 3 Oriente - Av Santa Ana	4:12	4:23	3:53	3:36	3:47	4:08	3:55	3:57	
a Av Santa Ana - Calz Miramontes	3:00	3:01	2:38	2:49	2:51	2:39	2:57	2:41	
a Terminal Metro Tasqueña	3:54	4:06	3:03	2:52	2:51	2:55	3:00	2:47	
Tota	17:26	18:31	15:37	15:22	15:28	16:05	15:53	15:34	
Viaje ida y vuelta	36:47	36:44	32:26	32:08	32:34	33:01	34:05	33:02	

Figura 7.17.
Resumen estadístico de cargas y tiempos de recorrido.

sirve al operador como un periodo de descanso entre corridas o vueltas y le permite salir de la terminal conforme a un horario de salidas preestablecido aun cuando éste haya llegado al punto terminal poco después de su hora de llegada.

Estos tiempos de terminal pueden ser establecidos en una o ambas terminales, según lo estipule la empresa ubicándose normalmente entre el 12 y el 18% del tiempo de operación [16, 17]. Generalmente, se otorga un mayor porcentaje a rutas con recorridos mas cortos y un menor porcentaje para rutas con recorridos largos. Es recomendable que cuando la ruta realice un lazo en la parte central, el tiempo de terminal se dé en la terminal periférica con el fin de no entorpecer los movimientos vehiculares y evitar la necesidad de contar con espacio para la ubicación de terminales.

Elaboración de la hoja de tiempos de recorrido

Uno de los aspectos mas importantes en la preparación de un programa de servicio es la asignación de tiempos de recorrido adecuados de tal forma que el itinerario opere adecuadamente durante los diferentes periodos del día. El trabajo de preparar o revisar un nuevo programa de servicio normalmente se inicia con la elaboración de una hoja de tiempos de recorrido, similar a la mostrada en la Figura 7.18, la cual permite definir el tiempo de recorrido necesario para la preparación del nuevo programa de servicio y comparar los resultados de la hoja resumen con el itinerario existente para detectar las diferencias en los tiempos de recorrido. Los tiempos que no cambian simplemente no se consideran.

Al estimar el tiempo de recorrido para un nuevo programa de servicio, no se requiere utilizar las fracciones de minuto por lo que se ajustan las fracciones de minuto entre un punto de control y los adyacentes. En cualquier caso, el tiempo total para el viaje redondo o vuelta se expresa en minutos enteros y debe ser igual o mayor que el tiempo de recorrido fraccionado de la hoja resumen y por ningún motivo debe ser recortado por abajo del total calculado.

Acto seguido se prepara un borrador de la nueva hoja de tiempos de recorrido, en la cual se mostraran los tiempos de control y los encabezados de los periodos de tiempo de recorrido de una manera similar a la mostrada en la Figura 7.19. La información que formará parte del borrador es la siguiente:

- nombre o número de la ruta,
- número identificador del itinerario en uso,

Itinerario # 2865 Fecha aplicación: 15 septiembre 1984 Sustituye itinerario: 2837 Extremo: Tepepico													Departamento de Itinerarios urban			
Nombre de la ruta: Metro Tasqueña - Tenorios # de rutas: 15 Tipo itinerario: día hábil																
PUNTO DE CONTROL	DISTANCIA (km)	TIEMPO DE RECORRIDO A	VELOCIDAD RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO B	VELOCIDAD RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO C	VELOCIDAD RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO D	VELOCIDAD RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO E	VELOCIDAD RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO F	VELOCIDAD RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO G	VELOCIDAD RECORRIDO	TIEMPO DE RECORRIDO H
		de 04:44 a 05:56	de 06:04 a 06:59	de 09:02 a 15:41 de 18:15 a 20:11	de 15:44 a 16:11	de 20:16 a 23:45	de 00:01 a 04:01									
Terminal Tasqueña a Calz. Miramontes - Av. Santa Ana	1.229	4	18.42	4	18.42	4	18.42	4	18.42	4	18.42	3	24.56			
a Av. Santa Ana - Eje 3 Oriente	0.965	---	3	19.30	3	3	3	3	3	2	---	---	25.54			
a Eje 3 Oriente - Calz. de las Bombas	1.163	6	21.28	4	17.45	6	3	21.28	6	3	21.28	5	3	25.54	5	25.54
a Terminal Tenorios	1.577	6	15.77	7	13.52	7	13.52	7	13.52	6	15.77	5	18.92			
TOTAL DIRECCION PERIFERICA	4.933	16	18.50	18	18.44	17	17.41	17	17.41	15	19.73	13	22.77			
		de 05:00 a 06:23	de 06:30 a 08:59	de 09:00 a 15:59 de 18:30 a 20:29	de 16:00 a 16:29	de 20:30 a 00:30	de 00:50 a 04:17									
Terminal Tenorios a Calz. de las Bombas - Eje 3 Oriente	1.665	6	16.65	6	16.65	6	16.65	7	14.44	6	16.65	5	20.22			
a Eje 3 Oriente - Av. Santa Ana	1.197	3	23.74	4	17.81	4	17.81	4	17.81	4	17.81	4	17.81			
a Av. Santa Ana - Calz. Miramontes	0.932	3	19.64	3	19.64	3	19.64	3	19.64	3	19.64	3	19.64			
a Terminal Metro Tasqueña	1.109	3	22.18	3	22.18	3	22.18	3	22.18	3	22.18	3	22.18			
TOTAL DIRECCION CENTRO	4.913	15	19.65	16	18.42	16	18.42	17	17.34	16	18.42	15	19.65			
TOTAL DA Y VUELTA	9.846	31	19.05	34	17.38	33	17.90	34	17.38	31	19.06	28	21.10			
Tiempo de termino o de ajuste del intervalo		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	32				
Tiempo total de recorrido		35	38	37	38	37	38	38	35	35	36	60				
Velocidad comercial		16.88	15.55	15.97	15.55	15.55	16.88	15.55	16.88	15.55	16.88	9.85				

Figura 7.18.
Hoja de tiempos de recorrido.

- tipo de itinerario (día hábil, sábado, domingo),
- nombres y claves de los puntos de control,
- encabezados de los periodos de tiempo de recorrido,
- tiempos de recorrido propuestos por periodos y por puntos de control (obtenidos de la hoja resumen),
- encabezados de distancia y velocidad.

Al preparar un nuevo programa de servicio, la ubicación de los puntos de control raramente cambia a menos que se presenten condiciones nuevas que lo justifiquen. Los periodos de tiempos de recorrido normalmente se mantienen sin cambios y se modifican cuando ocurre un cambio notorio en las pautas de viaje del usuario conforme a la hoja resumen de cargas (Figura 7.9 anterior).

Una vez preparada el borrador de la Figura 7.19 se anotan en éste los tiempos de recorrido obtenidos del resumen de recorridos (Figura 7.17), cerrando éstos a valores enteros. Con ello se completan las columnas de tiempo excepto por los ajustes en los tiempos de terminal, valor que se adiciona al final del borrador con el fin de obtener el tiempo total que se utilizará para la preparación del programa de servicio.

Los valores con un círculo (a) que aparecen a la derecha de los tiempos de recorrido (columnas C, D y E) de la Figura 7.19 anterior, son los tiempos para efectuar los relevos en los puntos de control. Así por ejemplo, se combina en la columna C el tiempo de recorrido de cuatro minutos con los tres minutos para llegar al punto de relevo y con ello se obtienen siete minutos, valor que se señala dentro del círculo. Asimismo, en el viaje del centro a la periferia el tiempo de la terminal central al punto de relevo exterior es de seis mas cuatro, o diez minutos.

Los valores encerrados en en cuadrado (b) y que aparecen para cada dirección de viaje son los tiempos de recorrido que se utilizarán en la construcción de los itinerarios. Así por ejemplo, en la columna B, el valor de 18 es el tiempo de recorrido, en minutos, de la periferia al centro. A su vez, el valor de 20 es la suma del tiempo de recorrido (c) del centro a la periferia de 16 minutos mas el tiempo de terminal (d) de cuatro minutos, suma que da el tiempo total relacionado con el viaje centro-periferia.

Con el fin de que no se presenten velocidades excesivas o inseguras entre puntos de control, todos los tiempos de recorrido se muestran como velocidades, dadas en km/h. Por ello, es necesario que se cuente con las distancias entre los puntos de control así como las distancias por corrida y por vuelta, las cuales se obtienen de mediciones directas en el mapa de la red.

El último paso para completar la hoja de tiempos de recorrido consiste en calcular las velocidades entre:

- puntos de control
- corrida de la periferia al centro
- corrida del centro a la periferia
- periferia-centro-periferia (vuelta)

Este último valor es la velocidad comercial para la ruta e incluye el tiempo de terminal. Las velocidades se calculan de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{60 \times d}{t}$$

donde:

- V_c = velocidad [km/h]
- d = distancia [km]
- t = tiempo [min]

7.3 Costo de un programa de recopilación de información

Al considerar un programa de recopilación de información una de las primeras preguntas que se hace el administrador es cuanto le va a costar el levantamiento de la misma. Por mucho, el componente más caro de un programa de esta naturaleza es la fuerza de trabajo necesaria para recopilar la información a bordo de los vehículos o en la calle así como el procesamiento mismo de la información.

La traducción de los requerimientos de mano de obra está en función de la muestra requerida para cada una de las técnicas seleccionadas. La siguiente fórmula puede ser utilizada para estimar los requerimientos de aforadores en base a los tamaños de la muestra para los conteos de volumen y ascenso para cada ruta y en las técnicas seleccionadas para cada fase de recopilación de información:

$$I = (d_v \times C) + \left(d_a \times N \times \frac{V_n}{V} \right)$$

en donde:

- I = aforadores necesarios por programa
- d_v = días muestreados (volumen)

C = número de puntos de control
 d_a = días muestreados (abordaje)
 N = número de vehículos
 V_m = viajes muestreados
 V = número total de viajes

Los términos para el cálculo varían dependiendo de las técnicas utilizadas y de los tamaños de la muestra requerida. La fórmula anterior puede ser utilizada cuando:

- se tengan planes de muestreo que requieren únicamente información del volumen en un cierto número de puntos de control;
- se tengan planes de muestreo basados en información de abordaje obtenidos a partir de un estudio de ascenso y descenso y,
- la combinación de las condiciones anteriores cuando se requiera los estudios de frecuencia y carga y los de ascenso-descenso.

Si se hace un estudio de frecuencia y carga y éste incluye varias rutas, las asignaciones totales de aforadores han de ser ajustadas con el fin de considerar que un solo aforador podrá realizar los conteos para varias rutas.

El Cuadro 7.9 muestra a manera de ejemplo los rangos de recursos humanos necesarios para sistemas de transporte de superficie. Los requerimientos de aforadores de tiempo completo mostrados en el cuadro anterior está basado en la consideración de revisar cada ruta cuatro veces al año. El rango que

CANTIDAD DE UNIDADES A LA HMD [veh]	CANTIDAD DE UNIDADES A LA HV [veh]	PROMEDIO DIARIO DEL TIEMPO EN SERVICIO [h]	CANTIDAD DE AFORADORES [personas]
25	22	12	1
50	40	12	1 - 2
100	70	14	2 - 4
300	215	15	3 - 7
500	250	16	6 - 13
750	470	17	8 - 15
1,000	600	18	10 - 19
2,000	1,100	19	20 -38

Cuadro 7.9.

Personal de campo requerido en función del parque vehicular.

se presenta depende de la facilidad de obtención de información por parte de los operadores, de las diferencias entre empresas y de las características de las rutas.

Además del costo por motivo de los recursos humanos, existen otros costos asociados con el programa. Así por ejemplo, se deben considerar la planeación del programa, la síntesis de los datos, su procesamiento y su representación.

Es muy difícil estimar los rangos de estos costos, debido a las diferencias que pueden existir entre las empresas. Los costos por procesamiento de la información dependen de la cantidad de información recopilada y de la disponibilidad de soporte computacional y personal para el análisis técnico.

Finalmente, es importante señalar la existencia de sistemas de recolección automática de información, la cual presenta entre otras ventajas las siguientes:

- menores tiempos para la obtención de la información
- menores costos de obtención de la información
- mejoras en la calidad de la información que se obtiene

En empresas que operan más de 400 autobuses a la hora de máxima demanda, el costo anualizado de un sistema automatizado se aproxima al costo de los salarios de los aforadores. Es importante señalar que los requerimientos de este tipo de equipamiento en los autobuses se ubican en un valor cercano al 10% del parque vehicular total [18] ya que estas unidades equipadas pueden ser rotadas sistemáticamente en todo el sistema.

REFERENCIAS

1. Paul Box, et al. *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, SA, 1985.
2. USTRAN. *Encuesta de Origen y Destino Abordo de Autobuses y Trolebuses*. México: Coordinación General de Transporte, 1987.
3. SOGELERG-USTRAN. *Encuesta de Origen y Destino en Autobuses Suburbanos*. Naucalpan de Juárez: COTREM, 1989.
4. SEDESOL. *Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas. Tomo V Operación del Transporte Público*. México: SEDESOL, 1994.
5. Bartholomew Associates. *Desarrollo de la Metodología y Etapas de Planeación de Origen-Destino*. México: CGT, 1991.
6. F.D. Hobbs. *Traffic Planning and Engineering*. Londres: Pergamon Press Ltd, 1979.
7. John Black. *Urban Transport Planning*. Londres: Croom Helm Ltd, 1981.
8. PLESO y Moreno Bonnet y Asociados. *Origen y Destino. Área Metropolitana de la Ciudad de México*. México: COVITUR, 1984.
9. USTRAN. *Encuesta de Origen y Destino en Estaciones del Metro*. México: Coordinación General de Transporte, 1987.
10. _____. *Manual del Encuestador*. México: Coordinación General de Transporte, 1987.
11. Transportation Research Board. *Modular Approach to On-Board Automatic Collection Systems*. Washington: TRB, 1984.
12. J. Attanuci, et al. *Bus Transit Monitoring Manual*. Washington: UMTA, 1981.
13. USTRAN. *Estudio Integral de Transporte Urbano de Irapuato*. Irapuato: Ayuntamiento de Irapuato, 1993.
14. Walter Rainville. *Bus Scheduling Manual: Traffic Checking and Schedule Preparation*. New York: APTA, 1947.
15. Vukan R. Vuchic. *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. Englewood Cliff: Prentice Hall Inc., 1981.
16. _____. *Transit Operating Manual*. Harrisburg: Pennsylvania Department of Transportation, 1979.
17. Herman Flieger, et al. *Handbuch der Verkehrswirtschaft*. Düsseldorf: Alba Buchverlag, GmbH, 1978.
18. Lawrence Deibel y Barbara Zumwalt. *Modular Approach to On-Board Automatic Data Collection Systems*. Washington, DC: NCTRD Report 9, 1984.

PREGUNTAS

1. ¿Cuáles son las principales diferencias entre los estudios realizados durante la fase inicial y los realizados en la fase de monitoreo?
2. ¿Cuáles son las principales técnicas con que cuenta un ingeniero de transporte para realizar estudios de campo?
3. En una encuesta de origen - destino ¿cuáles son los principales componentes que hay que tener presente?
4. ¿Cuáles son los criterios que deben considerarse al zonificar el área de estudio?
5. ¿Qué unidad de muestreo recomienda utilizar para el medio mexicano y por qué?
6. ¿Cuáles son los principales resultados que se obtienen de un estudio de ascenso y descenso?
7. Determine el procedimiento para la obtención de los siguientes indicadores:
 - índice de rotación
 - distancia promedio recorrida por pasajero
 - captación por kilómetro
 - ocupación por kilómetro
 - ocupación promedio
 - pasajero-kilómetro
 - velocidad comercial y de operación
8. ¿Cuáles son los principales resultados que se obtienen de un estudio de frecuencias y cargas?
9. Si la velocidad de operación de una ruta es de 15.5 km/h, ¿cuál es la lentitud del servicio que presenta esa misma ruta?
10. ¿Cuál es la razón de llevar un control estadístico de las cargas aforadas y de los tiempos de recorrido?

11. La línea de trolebuses Aragón - Aeropuerto presenta un total de 550 corridas, cuyo servicio es prestado por 30 unidades y se pretende estudiar la línea durante tres días hábiles tomando una muestra del 15%. A lo largo de la línea existen seis puntos de control predeterminados. ¿Cuáles serán los requerimientos de personal de campo, de supervisión y de análisis?
12. Realice los estudios de campo en una ruta de autobuses de su ciudad de tal forma que obtenga la siguiente información:
 - Sección de máxima demanda
 - Índice de irregularidad
 - Índice de rotación
 - Carga máxima
 - Factor de carga
 - Frecuencia máxima
 - Distancia promedio recorrida por usuario
 - Tiempo de ciclo, terminal y recorrido
 - Captación por kilómetro
 - Tiempo promedio empleado por usuario para abordar y descender de la unidad