



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

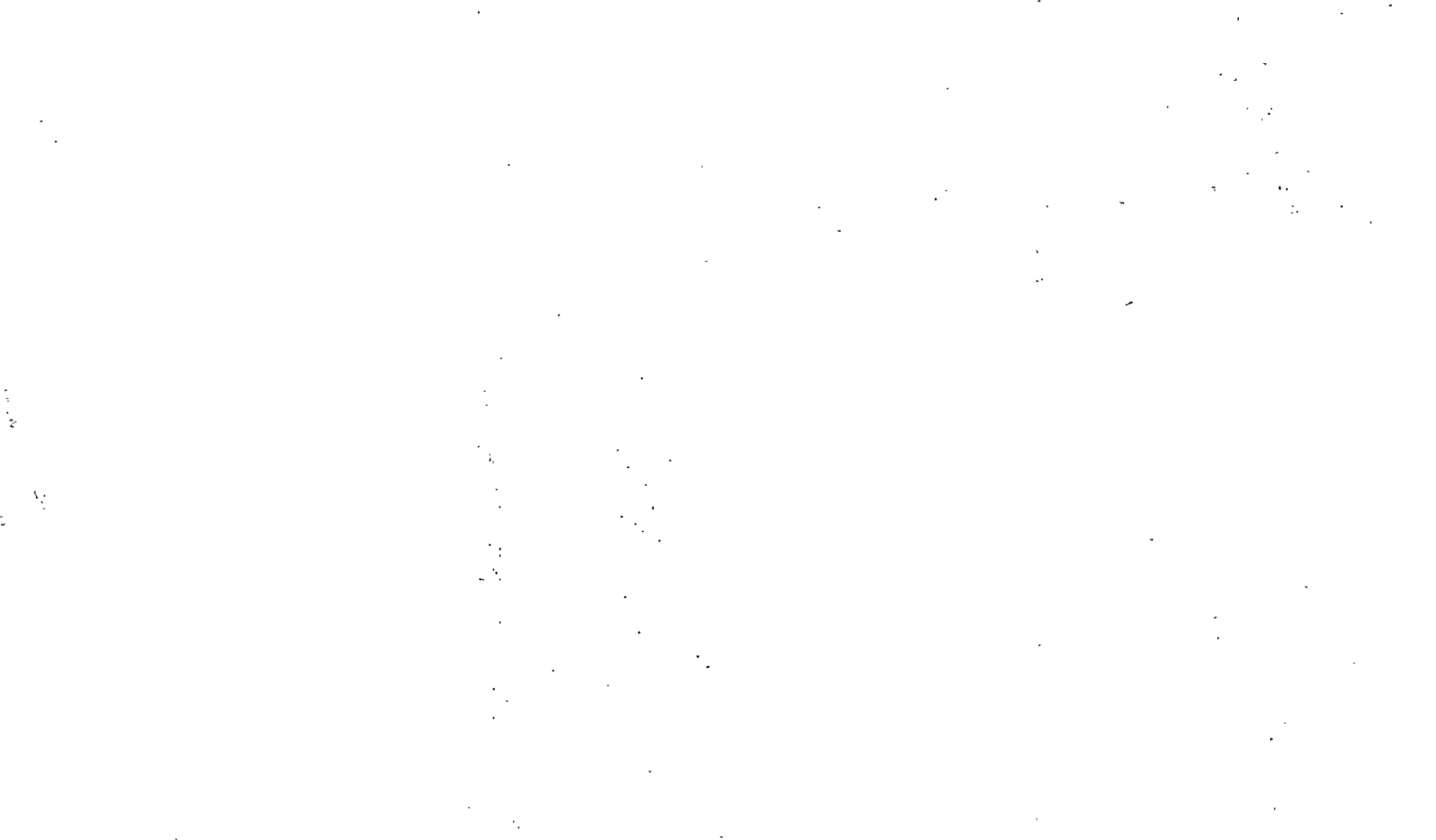
DIPLOMADO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE

MODULO III: INGENIERÍA DE TRANSPORTE

TEMA: LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Ing. Angel Alcázar Hernández

Mayo, 1997



Angel Alceda Hernández

LA OPERACION DE LOS TRANSPORTES

México, 1997

D.R. © Angel Alceda Hernández
Calzada de la Romería 102-301,
Alvaro Obregón, D.F. CP 01430
México, D.F.

ISBN: 970 - ??? - ?? - ?

Impreso y hecho en México

A mi esposa Gloria.

A nuestros hijos♥

*Miguel Angel, Claudia Teresa,
José Manuel, Alejandro, Francisco Javier,
Maritza Celina (Sor Beatriz),
Oscar y
Flora del Rosario.*

También logré sembrar un árbol.

♥ En riguroso orden cronológico



PRESENTACION

La aparición de un nuevo libro conduce irremediabilmente al planteamiento, por parte de los posibles lectores, de dos interrogantes. ¿Qué o porqué se justifica el libro? y ¿Quién es, literaria o técnicamente hablando, el autor? Otras cuestiones tocantes a ideologías, tendencias, orientación o fundamento tecnológico devienen más tarde cuando el primer filtro —el Quién y el porqué— han superado la prueba. Es la respuesta a esos dos cuestionamientos la que despierta e induce las expectativas del lector. Al hacer la presentación de este libro se estaría buscando plantear los términos justos de las preguntas.

En buena medida la misión del presentador estriba precisamente en facilitar la tarea referida, comprometiendo su criterio crítico y su conocimiento sobre el tema junto con los del autor. La labor no es fácil ni sencilla, sobre todo cuando se incursiona en disciplinas de alta especialización y que, al mismo tiempo, parecieran ser del dominio público y sujetas por lo tanto a numerosas y variadas interpretaciones.

Este es un libro sobre el transporte urbano de personas. En ese sentido queda bien justificada su edición. Son muy pocos los textos que existen en nuestro medio y en nuestro idioma sobre el particular. Pero podría no ser suficiente razón para avalar su contenido, si éste no cumpliera a suficiencia con las expectativas levantadas. De ahí la conveniencia de ser cuidadosos al evaluar el alcance y el tratamiento de la temática incluida. En tal tenor, una reseña aun sucinta de la materia es de gran ayuda.

Hasta el advenimiento del Metro de la Ciudad de México pocos técnicos en nuestro país —incluyendo a los Ingenieros de Tránsito—, habían oído hablar siquiera de los conceptos técnicos del transporte. De parte de la Autoridad, además de algún interés ocasional casi siempre motivado por acontecimientos extraordinarios, la tecnología del transporte se mantuvo asociada con temas e individuos muy distantes del mundo cotidiano de la administración pública. El Metro vino a cambiar muchas cosas. Una fue la necesidad de aplicar el repertorio jurídico y las técnicas de las ciencias

v

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

sociales a los problemas que concitaba el servicio concesionado, al tenor de la irrupción de un nuevo medio de transporte. Otra fue precisamente la cuestión técnica, prácticamente ignorada en el temario de los tomadores de decisiones.

Por su parte, además de encarar serios problemas de comunicación con la burocracia profana, los técnicos se enfrentaron con dificultades metodológicas y de coherencia informativa. Los encargados de un problema dictaminaban sobre el asunto con base en su propia interpretación de las cosas; pero si otro se abocaba a lo mismo, el segundo investigador a menudo era proclive, por convicción o por formación, a establecer conclusiones diferentes.

Fue entonces cuando se puso por primera vez de manifiesto seriamente la falta de una bibliografía técnica adecuada a las condiciones locales del transporte urbano. La ausencia de material didáctico propio fue rápidamente subsanada mediante la búsqueda y la ulterior adaptación de infinidad de publicaciones de procedencia extranjera, que a menudo distaban de dar soluciones aceptables por su propio y particular carácter. Tal situación ha persistido hasta hace muy poco, cuando se empezaron ya a dar nuevas condiciones para que el acervo tecnológico local encuentre conductos para su difusión. El presente documento es una muestra de tal esfuerzo tocante a la primera expectativa; los lectores seguramente se verán ampliamente satisfechos de su contenido.

Destacan en el texto varios enfoques complementarios entre sí. De una manera sutil pero persistente, el libro conduce al lector a través de la fisonomía del transporte de personas en las áreas urbanas, poniendo en claro muchas de las facetas oscuras, disformes o enmarañadas que tiene el tema, sin perder de vista la intención original de mejorar la capacidad del personal del área operativa. Asimismo, conscientes de que una actividad como ésta sólo se asimila aprendiendo a resolver problemas, se abunda en ello con ejemplos de gran simplicidad y cuyos planteamientos seguramente les resultarán familiares a todos quienes tengan algo que ver con el servicio.

Centrado el texto en las disciplinas acordes a la operación del servicio de transporte de personas en las áreas urbanas, se hace una pormenorizada descripción de los factores que concurren en el diseño operativo, llevando de la mano al lector, paso a paso, por la compleja ruta que va desde la definición de la demanda en entornos competidos, la determinación de

la frecuencia y el tipo y número óptimo de unidades, hasta la conformación de los programas de servicio. Subsecuentemente se aborda el tema del mantenimiento, ahí se induce al transportista a su atención profesional más que a su práctica artesanal, quedando establecido todo ello en un ámbito de corresponsabilidades que favorezcan al público usuario.

El desarrollo temático prosigue con los análisis económicos y financieros del transporte, con el natural colofón del delicado aspecto tarifario. A todo esto el libro presta una inusitada atención. Pareciera aquí que el autor procuró adoptar un especial esmero en hacer del asunto algo simple y accesible. Habida cuenta de lo sensible y oportuno del tema, es digno ello de un reconocimiento por el cuidado prestado.

Para aquellos quienes la técnica del transporte es la materia de su desempeño profesional, el libro incursiona en metodologías al mismo tiempo efectivas y originales. La sola presentación de lo que el autor llama el *método DSF*, y su consecuente, el *modelo MOR*, justificaría con creces la publicación de este documento. Tal método introduce nuevas posibilidades de encarar el diseño de la operación, logrando mayores apegos entre la oferta y la demanda de servicio y una racionalización bastante substancial de los recursos disponibles.

La organización de los prestadores del servicio, así como el repaso que se da de ciertos modelos o formas administrativas; el marco jurídico y la cuestión fiscal; y hasta una racional propuesta de catálogo normativo, culminan la obra. Muy a pesar de la aparente vastedad y complejidad temática, la impronta del libro es la de la sencillez dentro de las mejores formas didácticas.

La segunda expectativa de los lectores concierne al autor. De él se buscarían conocimientos y al mismo tiempo realismo. Enseñanza pero con amenidad. Y, por sobre todo, confianza y credibilidad. En tratándose de un libro sobre el transporte urbano, ello no sólo es conveniente sino indispensable.

El autor da en todo momento muestras inequívocas de ser un buen conocedor del transporte urbano. No únicamente por su dilatada trayectoria profesional, sus certeros enfoques y sus singulares aportaciones, sino también por el tono en que varios de los temas son tratados, que lo mismo resultan afines a la sensibilidad del público que al pensamiento del transportista;

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

y que bien se compaginan con el criterio de la Autoridad y con los recursos técnicos del proyectista. Este es quizá su mayor mérito, el no olvidar en ningún momento que lo didáctico no tiene porqué estar reñido con lo doctoral ni el concepto teórico divorciado de la realidad. El documento es un libro de texto que igual se adaptará a la cátedra formativa que a la especializada y que lo mismo tendrá cabida en la biblioteca del experto que en el escritorio del transportista.

Con la edición de este documento, de acuerdo con las atribuciones que le confiere a la Secretaría de Transportes y Vialidad el Artículo 27 de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal, el organismo da un paso adelante en su empeño de promover la literatura técnica del transporte y de procurar la modernización del servicio. Me congratula por ello felicitar al autor y desearle el mayor de los éxitos a la publicación.

JORGE F. RAMÍREZ DE AGUILAR
Secretario de Transportes y Vialidad
Gobierno del Distrito Federal

Se agradece el patrocinio de la obra por parte de la Secretaría de Transportes y Vialidad del Distrito Federal. Sin su desinteresado empeño su publicación no hubiera sido posible.

INDICE

Prólogo

Prefacio

A. El contexto del transporte de personas

- A.1 El papel de los transportes
- A.2 Lo urbano, lo suburbano y lo foráneo
- A.3 Los problemas del transporte urbano

B. El entorno del transporte urbano

- B.1 El usuario
- B.2 La tecnología
- B.3 La vialidad

Capítulo 1. La demanda de transporte

- 1.1 El concepto de demanda
- 1.2 Cuantificación de la demanda
- 1.3 Las variaciones de la demanda

- Anexo 1.1 Algoritmo de Moore
- Anexo 1.2 Análisis de la demanda de una ruta
- Anexo 1.3 Diseño muestral

Capítulo 2. La operación I. Fundamentos

- 2.1 Generalidades
- 2.2 Los factores de la operación
- 2.3 El programa de operación
- 2.4 Análisis operativo de una ruta

- Anexo 2.1 Descripción del Modelo de Stelson.

Capítulo 3. La operación II. El plan de explotación

- 3.1 Introducción
- 3.2 Análisis de oferta/demanda
- 3.3 Frecuencia de operación, El Proceso DSF.
- 3.4 El modelo MOR (o cómo trabaja un modelo)
- 3.5 Programación del servicio
- 3.6 El cuadro de tiempos
- 3.7 Control del servicio

Apéndice 3.1. Problema 3.4.

Capítulo 4. La operación III. Casos especiales

- 4.1 Singularidades operativas
- 4.2 Sensibilidad del intervalo
- 4.3 Emergencias y contingencias

Capítulo 5. El mantenimiento

- 5.1 Introducción
- 5.2 Tipos y periodicidad del mantenimiento
- 5.3 Mantenimiento preventivo
- 5.4 Mantenimiento correctivo
- 5.5 Reparaciones mayores
- 5.6 Organización de los talleres
- 5.7 Vida útil y reemplazo de los vehículos

Capítulo 6. La economía de los transportes

- 6.1 Generalidades
- 6.2 La seguridad en los transportes
- 6.3 La economía de los medios de transporte
- 6.4 La economía de los costos
- 6.5 La economía de los ingresos
- 6.6 El rendimiento económico
- 6.7 Beneficio contra costo
- 6.8 Los créditos al transporte

x

Capítulo 7. Los costos en los transportes

- 7.1 Generalidades
- 7.2 El modelo básico del costo de operación
- 7.3 Los costos de la operación
- 7.4 Los costos administrativos
- 7.5 Costos fijos, variables y marginales

Capítulo 8. Las tarifas del transporte

- 8.1 Generalidades
- 8.2 Clase única y clase múltiple
- 8.3 Tarifa única y tarifa múltiple
- 8.4 Casos de tarificación en el mundo
- 8.5 La tarificación en México
- 8.6 Establecimiento de tarifas
- 8.7 Estrategia tarifaria

Capítulo 9. La administración del transporte

- 9.1 Introducción
- 9.2 Antecedente histórico
- 9.3 Administración pública o empresa privada
- 9.4 Variantes en la organización
- 9.5 Alternativas de organización

Capítulo 10. Normatividad y marco jurídico

- 10.1 Introducción
- 10.2 El marco jurídico mexicano
- 10.3 Normas jurídicas ejemplares
- 10.4 La normatividad en el transporte

Apéndice. Manual de procedimientos de trabajo de campo

- 1. Introducción
- 2. Objetivos
- 3. Estructura general
- 4. Capacitación
- 5. Obtención de datos

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- 6. Entrega
- 7. Control y supervisión del personal
- 8. Procesamiento y análisis de la información

Glosario básico

PROLOGO

Una de las características más impresionantes del siglo XX ha sido -además del notable crecimiento demográfico en gran parte del orbe- la formación de grandes ciudades con extensas zonas conurbadas densamente pobladas, que han propiciado un gran desajuste en la relación de la población urbana con respecto a la rural. Nuestro país no es una excepción en este fenómeno y así lo demuestran los claros ejemplos de las Ciudades de México, Monterrey y Guadalajara.

La evolución del transporte de personas y cosas es otra característica notable de este siglo. Su desarrollo, su incremento y su transformación tecnológica no tienen precedente. En nuestro país y a nivel mundial, el Valle de México es un extraordinario ejemplo de la magnitud e importancia que han alcanzado esos signos de nuestro tiempo, por la gran extensión de la mancha urbana en esta región y por los ingentes problemas del transporte requerido para satisfacer las demandas de todo género que exige ese gran conglomerado humano. Nuestros problemas económicos y nuestros usos y costumbres han rezagado las soluciones para mejorar el transporte; por ello nuestro Valle se ha convertido en un muestrario de la gran diversidad de problemas que origina la conjunción de la alta densidad poblacional y las deficiencias del transporte.

El análisis y la solución de las varias y complejas situaciones de conflicto vial, obliga a los técnicos y estudiosos de estas disciplinas a utilizar los sistemas y herramientas más idóneos para obtener la información necesaria y confiable y allegarse las mejores soluciones.

En nuestra esfera académica y pedagógica nos hemos alimentado a menudo con la información, experiencia y técnicas desarrolladas en países con mayor capacidad económica y mejor organización, y cuyas soluciones no son del todo aplicables en nuestro medio.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

El libro preparado por el Ingeniero Angel Alceda Hernández viene a llenar un vacío notorio en los medios dedicados al estudio y solución de los cada día mayores y más complejos problemas viales y del transporte en general. Sus profundos análisis se refieren a problemas reales de nuestro medio, y en sus soluciones, apoyadas en principios teóricos universales, siempre está presente nuestra idiosincracia y posibilidades económicas. Considero que este libro será de consulta obligada para todos los estudiosos de estas disciplinas, ya que trata los temas en forma clara y amena, sin olvidar el rigor académico. Es indudable que sus muchos años dedicados a la cátedra y a la enseñanza, aunados a la activa e ininterrumpida práctica profesional, han dado al Ingeniero Alceda la autoridad magistral en sus exposiciones, la percepción clara y objetiva de los problemas y la brillantez en las soluciones.

Al Ingeniero Alceda, me consta, le ha tocado en suerte estar implicado, y la más de las veces comprometido, en varios de los grandes planteamientos del ámbito del transporte de nuestra gran urbe. Desde las obras viales de los años cincuenta y sesenta, en las que participó activamente, pasando después por los monumentales trabajos del Metro de la Ciudad y de los Ejes Viales, cuyas vicisitudes compartimos en buena medida, y sin dejar de lado esa importante etapa de reestructuración de la red de autobuses que testimoniaron los años setenta.

Por eso no es de extrañar que en su concepción, su libro tenga más un dejo de narración saturada de buenos consejos técnicos que de docta acumulación de conocimientos solamente. El Ingeniero Alceda, a quien conozco de muchos años, nos obsequia su experiencia sin pretensión doctoral alguna —que podría tenerla porque de ello tiene más que suficiente bagaje— animándonos a leerlo y a compartir esas vivencias. Ojalá que esta opinión no exenta de aprecio personal sea compartida por muchos otros que tengan el cuidado de leer el libro y de extraerle todo su contenido de destrezas.

Ing. Agustín Pérez Ruíz

Postulado.

“Los problemas del transporte no son los de una mayoría sino los de muchas y muy variadas minorías”

El Autor.

A MANERA DE PREFACIO

Este es un texto que se ocupa del transporte de personas en las áreas urbanas. Trata sobre la manera más adecuada de diseñar y operar los servicios; es decir, está pensado y organizado para apoyar al personal encargado de la operación. En él todos aquellos que tengan algo que ver con la transportación de personas habrán de encontrar respuestas a sus dudas o interrogantes —o al menos ésa es la intención que animó su elaboración—.

Como todo autor, presumo que este libro vendrá a llenar un vacío didáctico y aun informativo. Hasta este momento no hay muchos textos que traten con la suficiente amplitud y detalle el tema de la operación, como para poder utilizarlos con fines de análisis y diseño; este libro lo hace. Resultado de más de veinticinco años de investigaciones directas, análisis y búsqueda continua, sus páginas resumen, de modo deliberadamente sencillo, el conocimiento del tema tal y como lo encuentro hoy. Está concebido como un libro de texto sobre la operación, y aunque se estuvo consciente de que el tema no puede tratarse aislado de las demás materias alusivas al transporte, se prefirió dedicarlo a esas cuestiones por ser las más necesitadas y urgentes en la actualidad.

Para darle coherencia se incluyeron dos espacios —la *Introducción General* y el *Capítulo 1*— destinados ambos a suplir la omisión de algunos conceptos indispensables en el tratamiento del diseño operativo. En la *Introducción General* se buscó paliar la ausencia de cuestiones relativas a la planeación y al equipo móvil. El *Capítulo 1*, por su parte, da un amplio repaso al por demás indispensable tema de la *demand*a, sin lo cual el libro habría quedado trunco e inconexo. Los demás capítulos están conformados de la siguiente manera:

El *Capítulo 2* trata de la operación en sí, desde un punto de vista elemental. Podría decirse que constituye una iniciación al tema del análisis operati-

xv

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

vo. Se instruye ahí sobre qué son y cómo entender los factores de la operación, las velocidades y los tiempos de viaje, la frecuencia y el intervalo de paso. En ese sentido no se desahoga completamente el tema, el cual se continúa en el Capítulo 3 con aspectos tales como el Plan de Explotación, el programa operativo y el cuadro de tiempos. En ese mismo Capítulo 3 se describen con bastante prolijidad algunas herramientas analíticas modernas de manufactura personal y otras cuestiones especializadas. De todo ello se dan suficientes oportunidades de practicar, a través de problemas sacados de casos reales.

El Capítulo 4 se dedicó a algunos aspectos avanzados de los análisis operativos. Se tratan temas como el de los carriles exclusivos, la operación de convoyes, las redes integrales de transporte y los servicios combinados. Completa este enfoque relativo a la operación una descripción de lo que representan los planes emergentes y los programas contra contingencias, asuntos no tratados hasta hoy sistemáticamente.

El Capítulo 5 está dedicado al mantenimiento. Este tema, de una importancia obvia, se enfocó de una manera descriptiva más que dentro del detalle mecánico. Está escrito para el que toma las decisiones del servicio y no para el técnico mecánico. A pesar de ello resume la mayoría de los conceptos que interesa conocer: los tipos de mantenimiento que hay —cotidiano, preventivo y correctivo—, su periodicidad, y hasta los temas del plano del taller y del almacén de refacciones. Termina el capítulo con una mención del uso de la estadística de fallas para mejorar los planes de mantenimiento.

Los Capítulos 6 y 7 cubren respectivamente los aspectos de la economía de la operación y de los costos en los transportes, ambos de gran importancia. En ellos se ven conceptos tales como la seguridad en los transportes, la economía de los costos, la economía de los ingresos y el rendimiento económico. Este temario permite aludir a un sinnúmero de materias del ámbito económico y de la evaluación de los proyectos de inversión tales como externalidades, obsolescencia, subsidios, valor presente neto, tasa interna de rendimiento, análisis beneficio/costo, financiamiento y otros.

El Capítulo 8 está totalmente consagrado a los estudios sobre las tarifas; el cálculo de tarifas y el diseño de estrategias tarifarias están comprendidos en esta parte del libro. Además, como complemento documental se incluye una descripción de los esquemas tarifarios de nueve metrópolis —la Ciudad de México incluida— distribuidas en todo el mundo.

xvi

El Capítulo 9 se orientó a la administración del transporte. Después de exponer el controvertido tema de la administración pública *vs* la empresa privada se habla aquí de las variantes que existen para administrar los transportes. Asimismo, y dada la carencia de una estructura administrativa congruente con la situación real de los transportes, se ha esbozado un perfil de empresa que sería práctico adoptar por los distintos tipos de transportista. Al final del capítulo se describe una prometedora opción para administrar y operar el transporte urbano en nuestro país.

En el Capítulo 10 se abordan los aspectos legales y reglamentarios. Carente como ha estado el transporte urbano de una buena y moderna legislación, el tema resulta de una gran oportunidad. Aparte de la obligada cita de los antecedentes históricos, se describe el marco jurídico mexicano y se dan algunos ejemplos de la reglamentación vigente. Además, para completar el tema, se sintetizan casos de la legislación fiscal y laboral de México, y se expresa una opinión sobre lo que debiera ser motivo de normalización. El capítulo concluye con una relación, a manera de catálogo, de unas normas operativas básicas.

Un grupo de anexos y apéndices proporcionan la integración final del trabajo. En ellos se incluyen algunos aspectos colaterales y de procedimiento, íntimamente relacionados con la operación. El diseño y el levantamiento de encuestas, los estudios de ascenso-descenso y los aforos, en lo tocante a los trabajos de campo, así como un glosario seleccionado de palabras y de conceptos que ayudará al lector no especialista a interpretar la terminología utilizada.

Conviene aquí hacer una aclaración precisamente en cuanto a la terminología del libro. El léxico empleado al tenor de los transportes es sumamente variado. Las mismas palabras llegan a significar cosas diferentes ya no tan sólo de país a país sino dentro de una misma ciudad, dependiendo de si están en la boca de un técnico, de un transportista camionero, de un taxista o de un administrador público. Expresiones tales como «ruta» tienen acepciones distintas si se refieren al servicio de taxis o al de autobuses; y lo mismo puede decirse con más énfasis de la palabra «colectivo». En el caso más frecuente y adecuado es un calificativo aplicable a algunos transportes para diferenciarlos de los individuales; sin embargo, también suele usarse hoy como un sustantivo que identifica a un tipo específico de vehículo: los llamados «taxis colectivos». En el libro se usan a veces de modo indistinto cuando no hubo otro remedio. No es

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

posible soslayar una terminología que es ampliamente utilizada por una fracción importante de lectores potenciales, dado que muchos no acatan, más por costumbre que por ignorancia, la semántica usual. Como por lo general las palabras se utilizaron en sus correctos significados, cuando se usaron con sentido ambiguo, se escribieron entrecomilladas o bien se cuidó de que el contexto en que estuvieron inscritas fuera suficientemente explícito.

En algunos tratamientos el libro tiene pretensiones de cierta originalidad. Como casi nadie puede serlo totalmente, suele pasar que esos temas o esquemas, lejos de parecer originales, semejen plagios. Sin caer en la frivolidad de hacer hincapié en cada supuesto original controvertible, hay dos de ellos tan evidentes que no puedo dejar de mencionarlos, ya que ambos forman parte del temario de un muy conocido libro ("*Urban Public Transportation*". Vukan R. Vuchic. Prentice-Hall. 1981). Se trata de la *Gráfica Frecuencia-Capacidad* incluida en el Capítulo 1 y del *análisis de sensibilidad del intervalo*, sito en el Capítulo 4. Tienen una singular semejanza con la Figura 2.19 (obra citada, p.100) y el tema del Apartado 3.6.4 (obra citada, p.169). Lo que debo comentar al respecto es que la Gráfica F-C la propuse en 1975 y está publicada en la memoria del *Curso de Actualización de Ingeniería de Tránsito* (Facultad de Arquitectura de la UNAM y Facultad de Ingeniería de la UAEM. p.273), y el análisis de sensibilidad que se comenta en el libro del profesor Vuchic se maneja en otro ámbito temático. Asimismo, tocante al *proceso DSF* —Diseño Sistemático de Frecuencias— es éste un enfoque producto de mi propia concepción del funcionamiento de los servicios. A pesar de su novedad ha logrado resistir las más arduas pruebas de idoneidad.

Quiero hacer una advertencia sobre el contenido del libro. Nada de lo que se expresa aquí, postulados o conclusiones, es absoluto. Todas las afirmaciones, y aun muchos supuestos son sólo aproximaciones a la realidad, de ahí que la metodología expuesta no soslaye la necesidad del criterio analítico. No puedo menos que querer evitar la inconsecuencia con que se ha llegado a enfocar algunas veces el análisis que, o bien se le acepta como el oráculo, o bien se le regatea todo género de verosimilitud; el herramental analítico del transporte es, en el fondo, un recurso para sugerir soluciones con base en los resultados más probables. Esto tampoco quiere decir que tales resultados carezcan de significación. Aun si se les toma como señaladores de un orden de magnitud, poseen un valor que es correlativo a las necesidades del diseño. No hay que tomar-

xviii

los al pié de la letra pero tampoco es conveniente desdeñarlos. Con independencia de lo que pudiera pensarse, esta postura es bastante común en los problemas de ingeniería de cualquier tipo.

Aunque numerosas personas colaboraron, directa o indirectamente, en la concepción y desarrollo de esta obra, es obvio que el único responsable de sus muy probables fallas soy yo mismo. El texto sustenta mis propios puntos de vista sobre la totalidad de los temas, independientemente de la manera como me fueron transmitidos. A todos los que me proporcionaron sus ideas o su saber, mi más sincero agradecimiento y mis disculpas por la incapacidad de darles el debido crédito.

No obstante, no puedo menos que mencionar a quienes sin su desinteresada intervención, este libro seguiría aún esperando que un golpe de la fortuna lo sustrajera del olvido. Ellos son, Angel Molinero Molinero, que me mostró el camino arduamente por él recorrido en una empresa similar; Jorge F. Ramírez de Aguilar Vázquez del Mercado, que lo hizo verdaderamente posible y lo rubricó con su amable nota de Presentación; Agustín Pérez Ruiz, que me elogió más allá de mis merecimientos en su sentido Prólogo, y Francisco J. Enríquez Arias, que me dio con sus consejos la oportunidad de mejorar mis magros conocimientos del ámbito financiero.

Asimismo, sería una deuda de honor académico no referirme a ese singular grupo que forman (yo incluido) aquellos quienes desde hace varios lustros hacen votos diarios de superación dentro de esta apasionante disciplina, al igual socorrida¹ como mal aprovechada. A mis colegas y amigos de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Transportes -AMIT-, dedico este trabajo.

Por último ¿Es factible escribir un libro como este sin contar con la tolerancia y la paciencia familiar? Por fortuna no tuve que verificar tan preocupante posibilidad.

A. Alceda H.
Diciembre de 1996.

¹ Socorrido: "Se dice de aquello a lo que se recurre con frecuencia para resolver una dificultad". Diccionario Enciclopédico Grijalbo, 1986.

A

EL CONTEXTO DEL TRANSPORTE DE PERSONAS

A.1. El papel de los transportes

El transporte no es algo fortuito o caprichoso. Nadie buscaría moverse o sacar algo de su lugar por razones o causas inexplicables o por el solo hecho de hacerlo. Todo movimiento, humano o de bienes económicos, responde a un propósito que a menudo trasciende la intención original. Además de esto, transportar personas es la tarea más significativa y delicada de la actividad: cumple con una función primordial en el contexto social y económico de las comunidades.

La urbe moderna no podría existir si no hubiera transporte de personas. Mientras la gente tuvo que moverse por sus propios medios —caminando o a lomos de animales—, las ciudades fueron sólo acumulamientos, a menudo desordenados, de edificaciones; caseríos donde la actividad social y los intercambios económicos ocurrían dentro de esquemas monocelulares apenas interconectados. Se dice, y no sin razón, que a la ciudad moderna la erigió el automóvil, que es tanto como decir que la construyó la nueva facultad de moverse que ese vehículo dio al ciudadano. Pero al nivel del grupo social, las ciudades las consolidó el transporte.

Asimismo, mediante el transporte se han desarrollado. Hombre, sociedad y urbe han crecido juntos; juntos han disfrutado de la vitalidad que otorga un buen transporte y, juntos también, han padecido el efecto desarticulador e inmovilizante de los transportes deficientes.

¿Cómo integra o desarticula el transporte a la sociedad? Esta es una pregunta de no poca complejidad, pero que de una manera simplificada se puede responder con los siguientes argumentos:

- El desarrollo de una sociedad depende con mucho del número de contactos que puedan ocurrir entre sus participantes. La compraventa

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

diaria de alimentos, vestido, menaje y medicinas; las transacciones financieras; la educación, o la actividad cultural, requieren de una continuada y estrecha relación entre los individuos.

- La disponibilidad oportuna del mercado laboral depende totalmente de los transportes. Si la masa trabajadora —obreros, empleados o mano de obra libre— no accede fácilmente a los lugares de trabajo, la economía tiende a degradarse.
- Lo social, lo recreativo, lo emergente y hasta lo ocasional está sujeto a la efectividad de los transportes.

Que no se piense entonces que el transporte de personas no es sino una actividad más, cuya efectividad puede subordinarse al estado de ánimo de los conductores de vehículos o a la mayor o menor seriedad con que el personal de ruta encare su trabajo. El desempeño de los transportes, quiérase o no, es bastante trascendente y, en último análisis, la apreciación personal de las cosas por parte de quien transporta es lo de menos; el transportista es un profesional y como tal deberá comportarse. El desinterés en admitir tales responsabilidades podría muy bien considerarse atentatorio contra dos derechos ciudadanos: el sustento y la libertad.

La irritación de quienes sufren de un mal transporte, por modestos que sean, es justificable; nadie puede aceptar con buen ánimo que se le trate mal cuando, por lo demás, se está pagando por un servicio. Es bueno recordar de vez en cuando que los derechos que conceden las leyes cubren por igual a usuarios y a transportistas, y no pueden ser exclusivos de quienes detentan las concesiones.

A.2. Lo urbano, lo suburbano y lo foráneo

El transporte de personas, aun circunscrito a la sola ciudad, presenta variantes que deben reconocerse y comprenderse para evitar confusiones que se reviertan contra quien presta el servicio o contra el público. Así, aunque con mucha frecuencia se tratan de forma similar, las modalidades urbana y suburbana del transporte poseen características distintas que han de tomarse en cuenta a la hora de fijar los parámetros operativos. Veamos algunas de ellas.

- a) En cuanto a las frecuencias de operación, en las zonas urbanas deben programarse servicios permanentes dentro del horario hábil, y sólo sujetos a las variaciones que se observen en la hora de demanda máxima y en las horas valle. En ciertos horarios, aun si la demanda fuera exigua, deberá programarse un servicio mínimo que atienda esos viajes que se apartan del movimiento masivo de la jornada.
- b) En cambio, los servicios suburbanos pueden ser básicamente distintos. Es probable que no sean necesarios todo el día, sino sólo durante los horarios de llegada y de retorno de la gente —respectivamente por la mañana y por la tarde— pero en esos lapsos es posible que se acumule una demanda de magnitud desusada y poco frecuente en los transportes urbanos. Mientras más amplia sea el área de captación del servicio, más crecerá la dimensión de los picos de demanda suburbana, y más crítica será la duración de los trayectos. Ambas cosas habrá que tomarlas en cuenta.
- c) En cuanto a la dimensión y a la capacidad de los vehículos de cada caso, en el servicio urbano pudiera requerirse una proporción mayor de unidades medianas o chicas, con tareas orientadas a la recolección y a la distribución/de pasaje, y en buena medida con una función alimentadora de los transportes típicamente masivos.
- d) Por su parte, en los servicios suburbanos habrá una mayor tendencia al empleo de unidades grandes, para transportar grandes volúmenes también en menos tiempo.
- e) Tocante al uso o revolvencia de los espacios; es decir, al número de veces que se utiliza cada lugar en los vehículos de transporte; en el servicio urbano esa revolvencia —a la que suele llamársele *Factor de Renovación [FR]*— es grande, por lo que las unidades pueden emplearse con una gran eficiencia.
- f) Por el contrario, el usuario que proviene de los suburbios rara vez se apea en el trayecto; la mayoría de los viajes son de extremo a extremo reduciendo al *FR* casi a su valor unitario. Como eso tiene mucho que ver con la economía del servicio —las tarifas incluidas— se entenderá la importancia que tiene comprender dicha situación.
- g) Finalmente, en lo que se refiere a la infraestructura y a la permanencia de los recorridos, las unidades urbanas se desplazan sobre trayectos

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

que barren las zonas consolidadas de la ciudad. En cambio, es muy frecuente que los transportes suburbanos deban atender zonas con asentamientos nuevos o de reciente creación. Esto es importante e influye mucho en la calidad esperada de servicio y en la magnitud e importancia de sus instalaciones. No es lo mismo organizarse para atender una demanda nueva y divagante, que hacer lo necesario para dar la atención debida a una demanda firme y consistente.

Como puede verse, en no pocos aspectos los dos servicios son radicalmente diferentes, por lo que las condiciones que fijan los parámetros de operación también lo serán. No deben entonces uniformizarse los criterios del manejo operativo, ni mucho menos entremezclar arbitrariamente los dos tipos de servicio en los trayectos. De hecho esto sí se practica; en aquellos trazados que comparten zona urbana y zona suburbana, no es raro que con el ánimo de simplificar —o sin advertirlo siquiera— se proyecten servicios con vehículos y frecuencias parejas. Quienes sufren los efectos negativos de tales diseños son:

- i) El público, que a menudo no sabe ni porqué tal o cual servicio es tan malo;
- ii) El propio concesionario, quien también a menudo no sabe ni por dónde se le escapa el dinero.

Los servicios foráneos son radicalmente otra cosa. Sus diferencias son tan notorias que casi a nadie se le ocurriría utilizar un vehículo o programar un servicio del tipo foráneo para satisfacer una demanda urbana, o viceversa. Sin embargo, todo puede suceder, claro ... No obstante tal riesgo, ocurre con los transportes foráneos que, salvo contadas excepciones, se manejan dentro de otra jurisdicción y obedecen a diferente concepto sociocultural. En ellos se dan también agrupamientos heterogéneos de concesionarios, pero, en lo que compete a la operación y al tipo de vehículo, casi siempre hay más disciplina y unidad. Y referente al usuario promedio, el hecho de tener que recurrir sólo ocasionalmente a la transportación de tipo foránea o de largo recorrido, le lleva a juzgar de modo también distinto los conceptos y modalidades del transporte: tarifa, horarios, tipo de vehículo, etc.

A.3. Los problemas del transporte urbano

Las áreas urbanas desdibujan el significado de las expresiones "frontera" o "límite de la zona urbana", etc. Esta evidencia demográfica ha provocado

xxiv

no pocos dolores de cabeza a quienes tienen a su cargo la administración de los servicios. La urbe crece ignorando límites y jurisdicciones, y aunque a veces se contrae y otras se expande, nunca lo hace obedeciendo a reglas fijas o uniformes. En el clímax de las manifestaciones humanas, la ciudad «hace lo que se le viene en gana». Y son los transportes, como todos los demás servicios, los que deben adecuarse a ella.

La administración pública y los propios concesionarios del transporte de pasajeros conviven cotidianamente con los tres problemas de más dificultad que confronta el servicio urbano.

- El problema de la *recolección y distribución de usuarios*. O sea, encontrar la forma de captar más pasaje e irlo dejando cerca de su destino final, con los menores recorridos y las menos paradas posibles.
- El problema de la *hora de máxima demanda*. O cómo cubrir las demandas extremas, sin multiplicar las unidades (que en los horarios de poco pasaje permanecen ociosas e improductivas) y sin sobrecargarlas además por encima de lo conveniente y lo decoroso.
- El problema de la *tarifa justa*. O cómo fijar una tarifa que permita cubrir adecuadamente todos los gastos del servicio, sin castigar en exceso la economía de los usuarios.

Los tres problemas anotados son serios y de difícil solución. Hasta ahora, aun las mejores estrategias analizadas adolecen de fallas notorias que lesionan a unos y a otros. Hoy por hoy nadie se ha librado del daño y de la crítica que causan estos problemas, y en cuya solución todos deben participar, incluso el público. Veamos más detalladamente en qué consisten y cuáles serían los enfoques para una eventual solución.

A.3.1. La recolección y distribución de usuarios

Este problema es causado por la pulverización que muestran los orígenes y los destinos de los viajes en la mancha urbana. En los orígenes, la dispersión de los domicilios provoca que las cargas útiles —el llenado económico de los vehículos— sólo se logren al costo de efectuar largos recorridos por el interior de las zonas de habitación, o al precio de hacer caminar con exceso a los usuarios. En los destinos, por lo general la dispersión queda establecida por la distribución de los lugares de trabajo; ahí el fenómeno opera de manera parecida: para que la gente no tenga

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

que caminar tanto, o aún peor, utilizar medios adicionales para arribar a su destino, los transportes tienen que hacer largos trayectos, casi siempre inmersos en el tránsito congestionado de la zona central.

La dificultad se agudiza en la medida en que, al crecer, las ciudades lo hacen de manera dispersa; es decir, primero unos pocos asentamientos aquí y allá, después, otros pocos más, y luego, casi de improviso, comienza la presión demográfica en todos los servicios, de los cuales el transporte es quizá el primero o el segundo en importancia.

Con el crecimiento van apareciendo también polos de generación y atracción de viajes, generalmente asociados al trabajo, a los servicios o al comercio, que introducen puntos adicionales de desajuste al transporte. En su tránsito desde o hacia esos lugares, las unidades a menudo tienen que pasar por zonas de menor demanda —menor pero no nula— cuyos pobladores padecen por la falta de cupo de los vehículos.

Para atenuar los efectos de la dispersión, los recorridos se multiplican, muchas veces sin ton ni son, en una carrera tras el pasaje, ingenua sin duda, que provoca innumerables roces y conflictos entre los propios concesionarios: sobreposiciones,¹ aglomeraciones y desorden en los lugares de terminal o de cierre de circuito; correteos por las calles de mayor demanda, y frecuentes enfrentamientos entre los prestadores por las más nimias razones.

Eso no es privativo ni de un país ni de las ciudades de mayor crecimiento, ya está presente o está germinando hasta en los poblados menos conspicuos. Obedece, además de la complejidad del problema, a fallas en la planeación, a la práctica de la "prueba y error" con que se manejan los transportes, y a otras causas que sería prolijo enumerar. Entonces, ¿Cómo se debe encarar el problema? De varias maneras también:

- A) Planeando los servicios, tanto al nivel del sistema como al nivel de ruta. El pasaje no escasea; debe buscarse la forma de atenderlo con el menor desgaste de tiempo y costo.
- B) Los diseños de los trayectos deberán estar concienzudamente pensados, equilibrando la distancia que habrán de recorrer en cada caso la gente y los transportes. Viajar siempre por las calles principales no es

¹ En México se les conoce con el nombre de "Invasiones".

necesariamente eficiente. Los usuarios tienden a concentrarse en ellas porque ahí se han ido acumulando los servicios, no porque ahí esté su origen o su destino final.

- C) Diversificando los tipos de servicios y la organización de las paradas. Una técnica eficaz es la de fijar algunas paradas obligatorias para ascenso y descenso, y, otras más, de carácter optativo, sólo para descensos. De esa manera se consigue mejorar la relación *tiempo abordo entre tiempo total [TATT]*² del pasajero promedio, sin exagerar el número de paradas.

A.3.2. Las horas de máxima demanda

Este problema surge por efecto de la acumulación de un elevado número de pasajeros en lapsos muy cortos de tiempo. Como la gran mayoría de las personas tiene que trabajar o estudiar en un mismo horario, al crecer la demanda numérica de pasaje y no poder hacerlo en igual proporción la cifra de vehículos, la demanda instantánea por unidad —la *demandas específica*— aumenta, lo cual provoca el conocido fenómeno de la sobresaturación de las unidades de transporte.

Otra vez el problema se agudiza porque el fenómeno no ocurre durante todo el día sino sólo en determinados horarios, y fuera de esos lapsos la demanda es considerablemente menor. En los períodos comprendidos entre horas de afluencia consecutivas, las unidades deberán permanecer inactivas a menos que se les pueda encomendar otra tarea distinta.

Como en el caso precedente, si bien no hay una solución única o definitiva, existen métodos para paliar sus efectos. Entre ellos, los más efectivos son:

- 1) *Diversificar las frecuencias*. Es insólito encontrar que hay servicios que conservan la misma frecuencia durante todo el día, o bien, que cuando pareciera que ya no hay suficiente pasaje, sencillamente suspenden su trabajo. Las frecuencias bien establecidas y bien vigiladas contribuyen a otorgar al público la confianza de que en el momento oportuno llegará al punto de abordaje una nueva unidad provista de lugares.

² La relación tiempo abordo entre tiempo total [TATT] debe ser lo más elevada posible para el conjunto de la población viajera (N del A).

Esto a su vez reduce la presión de las horas pico porque permite al público acceder a los lugares de abordaje con un mejor control sobre su tiempo.

- 2) *Diversificación del equipo.* Como se verá al tratar el tema del diseño de la operación, mientras más se logre apegar la oferta a la demanda, con más eficiencia y economía se transportará a la gente. Esto, que parece fácil, no lo es; siempre ocurre que falta o sobra oferta, ya que tanto las frecuencias como el tamaño de los vehículos, deben diseñarse anticipadamente.

La mezcla de servicios —digamos, del tipo ordinario y de tipo expreso— tiene su lado bueno cuando se aplica apropiadamente. Muchas veces la única manera de encarar las horas de punta es entremezclando los servicios racionalmente. Antes y después de ellas habría un grupo de unidades que conformaría un servicio básico, con una frecuencia mínima de acuerdo con una baja demanda o con el tiempo máximo de espera admisible. Cuando arribaran los períodos de punta, se incorporarían nuevos vehículos que actuarían como refuerzo de los anteriores, con lo cual se podría cubrir el exceso de demanda.

- 3) *Cambiar los vehículos.* En los servicios suburbanos sobre todo, el crecimiento de la demanda apenas si puede irse cubriendo con los solos cambios en la frecuencia. Llegado el momento, el intervalo de salida necesario puede ser tan reducido que no alcance el tiempo para el abordaje. Será entonces cuando resulte aconsejable cambiar la capacidad unitaria de los vehículos. Unidades más grandes, o las mismas operando en convoy (*ver* el Capítulo 4) dan la oportunidad de mejorar el servicio sin grandes complicaciones.
- 4) *Acondicionando las paradas.* Igual que el aumento del tamaño de los vehículos permite transportar más pasaje en un mismo lapso, el solo acondicionamiento de las paradas les da mayor eficiencia. Si se consigue que los pasajeros empleen menos tiempo en abordar y descender —sin recurrir, claro está, a la práctica de hacer subir y bajar al pasaje con los vehículos en marcha—, se logrará incrementarles la velocidad comercial y con ello la capacidad de transporte. Casi lo mismo se consigue si se racionalizan las paradas; es decir, si se eliminan aquellas que no están absolutamente justificadas.

5) *Estableciendo tarifas especiales para quien viaje fuera de las horas punta. Mucha gente encontrará ventajoso moverse en horarios diferentes si ello le reporta alguna economía.*

A.3.3. Las tarifas justas

Comenzaremos preguntando ¿Qué es una tarifa justa? o mejor ¿A quién debe favorecer la tarifa? Por más que no llegue a gustar a todos, la respuesta es:

- i) La tarifa no debe favorecer a nadie en especial.
- ii) La tarifa deberá permitir que se subsanen todos los costos: financieros, operativos y de administración; y además debe dejar un margen de utilidad razonable a quienes aplican su tiempo, su esfuerzo y sus recursos a la tarea de transportar, sin que ello signifique una erogación excesiva de parte de los usuarios.

¿Cómo se consigue esto? Ciertamente, con muchas dificultades.

En primer lugar es preciso estimar correctamente todos los componentes económicos de la tarifa. Luego se le debe calcular. Más tarde convendrá ver a quiénes y de qué manera afecta la tarifa calculada. Y sólo después de este análisis habrá que buscar una forma viable de atenuar el impacto del precio del transporte entre aquellos que verdaderamente lo ameriten.

Este es el proceso más adecuado para estudiar y establecer las tarifas. Saltarse alguna de esas etapas, o modificar el orden del análisis, es imprudente. En cualquier momento podría suceder que alguien saliera seriamente lastimado en donde duele más: en el bolsillo.

Si bien es cierto que quienes fijan las tarifas deben cuidar que la economía popular no se lesione, hay evidencias de que tampoco en eso debería generalizarse. Las tarifas más bajas de lo prudente casi nunca son buenas. Suscitan otros problemas y a menudo no se justifican. Veamos porqué:

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Las tarifas subvaluadas afectan en tal forma a los prestadores del servicio que rápidamente se descapitalizan. Pero además, conviene reconocer que el mercado del transporte es muy diversificado. Habrá gente que no pueda pagar cierta tarifa, pero habrá otros que no sólo sí puedan, sino que lo harán con agrado si con ella se les suministra una mejor calidad de transporte. Las tarifas que no cubren gastos, más tarde o más temprano ocasionan la degradación del servicio. No hay transporte en el mundo que resista un lapso prolongado de bajos ingresos.

Aquí vale la pena hacer una digresión. Con el argumento de los bajos ingresos de la mayoría de la población, se han fijado tarifas singularmente bajas en el transporte estatal de la Ciudad de México. La medida pareciera loable, pero no resulta tanto cuando se observa que la gente prefiere pagar casi 100% más, por viajar en el servicio de «colectivos» que, aunque no provee de más confort, sí da al público dos de las cosas que más aprecia: rapidez y disponibilidad.

De todo esto podría desprenderse una enseñanza: las tarifas deberían estar asociadas con la diversificación del servicio. Varias calidades, de acuerdo con los segmentos del mercado, y varios montos tarifarios; y que cada quien seleccione lo que más le convenga.

Resumiendo:

En esta breve introducción se han tocado algunos de los temas que condicionan el desempeño de los transportes. Sobre ellos se volverá más adelante con un mayor detalle. Pasaremos en tanto a identificar los componentes del entorno en el que funciona el transporte.

B

EL ENTORNO DEL TRANSPORTE URBANO

La acción de transportar no es una actividad que se desarrolle de una manera aislada o independiente de todo ambiente. Para que se consume el transporte tienen que estar presentes ciertos hechos o componentes que lo condicionan. Tales condicionantes establecen un entorno o se identifican con él.

- i) Debe existir al menos una persona o un objeto al que transportar;
- ii) Debe haber un motivo o una razón para que el acto se realice;
- iii) Deben estar perfectamente definidos tanto el origen como el destino del movimiento, así como un canal de comunicación que haga posible tal movimiento.

Además, bajo ciertas circunstancias:

- iv) Podrían estar definidos o especificados el o los modos de transporte que hubieran de emplearse para el traslado.

Ahora bien, entre esos componentes los puede haber físicos y conceptuales. Por ejemplo: el motivo del viaje es un componente conceptual; en cambio, los canales del movimiento son componentes físicos —las calles—. Los temas que se abordan en el presente apartado aluden en especial a los componentes físicos.

Para nuestros fines los integrantes físicos del entorno de la transportación de personas son tres, a saber:

- El usuario*, como pasajero o como peatón;
- La tecnología*, o sean los vehículos o modos de transporte;
- La vialidad*, en todas sus variantes y composiciones.

Demos pues un repaso a estos tres componentes físicos de los transportes de pasajeros.

B.1. El Usuario

Sea como pasajero o sea como peatón, el usuario —la persona— es participante decisivo en el desempeño de los transportes urbanos. Son sus necesidades, habilidades, expectativas, hábitos y limitaciones, las que determinan, a través de la configuración expresada por la demanda, las características que debe contemplar el servicio.

El usuario, como tal, posee propiedades y limitaciones. Entre sus propiedades están:

- Constituir el objeto o la razón del acto de transportar;
- Ser el poseedor y definitor de las condiciones del viaje o movimiento (motivo, horario, origen y destino);
- Tener la capacidad de buscar alternativas de viaje y seleccionar de entre ellas la que le parezca más ventajosa;
- El poder retroalimentar, con su comportamiento, los estados —“*el estatus*”— del servicio, ya sea reforzando o bien desestimando las variables de diseño.

Por otra parte, entre sus limitaciones debemos consignar:

- Sus características antropométricas —referidas a las dimensiones del cuerpo humano con respecto a vehículos e instalaciones—;
- Su fragilidad, o sea su escasa tolerancia al traumatismo;
- Su nivel socioeconómico, que influye poderosamente en los diseños operativos y en el régimen tarifario;
- Su distancia social, interpretada como “*la dimensión y las características de su entorno inmediato o «territorio»*”.

Diversos estudios dan constancia de la existencia del fenómeno de la “*territorialidad*”. Edward T. Hall, el antropólogo creador del término alusivo “*proxemia*”, estableció que una separación entre personas inferior a 1.20 m vulnera o invade su “*zona personal*”, lo que las hace sentirse incómodas y buscar modos aun artificiosos de eludir dicha proximidad.

Todos estos aspectos influyen de modo importante en la concepción de los buenos o malos diseños del transporte, y pueden ser capaces de resaltar o deslucir las iniciativas de los prestadores del servicio.

De una manera general puede decirse que las propiedades y las limitaciones del usuario suelen ser tomadas en cuenta casi de manera impensada. Pero muchas veces, sobre todo cuando en el diseño falta la debida tecnificación, se les soslaya, creando una laguna en el desempeño de los transportes muy difícil de diagnosticar y de corregir. Aunque pareciera ser una recomendación superflua, es importante asentar que las características más generales del usuario siempre deberán incluirse en los proyectos de transporte. Así:

- Sus propiedades antropométricas deben normar la dimensión interior de los vehículos, los andenes y el señalamiento, entre otros aspectos;
- Su fragilidad debe ser el eje en torno al cual se definan los aspectos de la seguridad y el confort;
- Su *estatus* socio-económico pondera los determinantes de la tarifa e influirá en el diseño operativo;
- Su distancia social marcará las pautas de la convivencia en los transportes.

B.1.1. Condiciones antropométricas

Las características antropométricas de los pasajeros deberán normar las dimensiones y los arreglos interiores de los vehículos, el señalamiento y los andenes, por mencionar sólo algunos de los aspectos más significativos del transporte (*ver* la Figura B.1). Con referencia a los arreglos y dimensiones vehiculares, se puede señalar lo siguiente:

Todos los vehículos de transporte cuentan con un espacio interior, de dimensiones variadas, destinado al acomodo de los pasajeros. Dentro de esa superficie disponible suelen repartirse los asientos y zonas de distribución —los pasillos y los vestíbulos— en diversas formas que van desde el simple y rudimentario arreglo consistente en la colocación de banquetas longitudinales adosadas a los costados del vehículo, al más tradicional acomodo de mancuernas dobles, colocadas en posición transversal al eje de la unidad.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

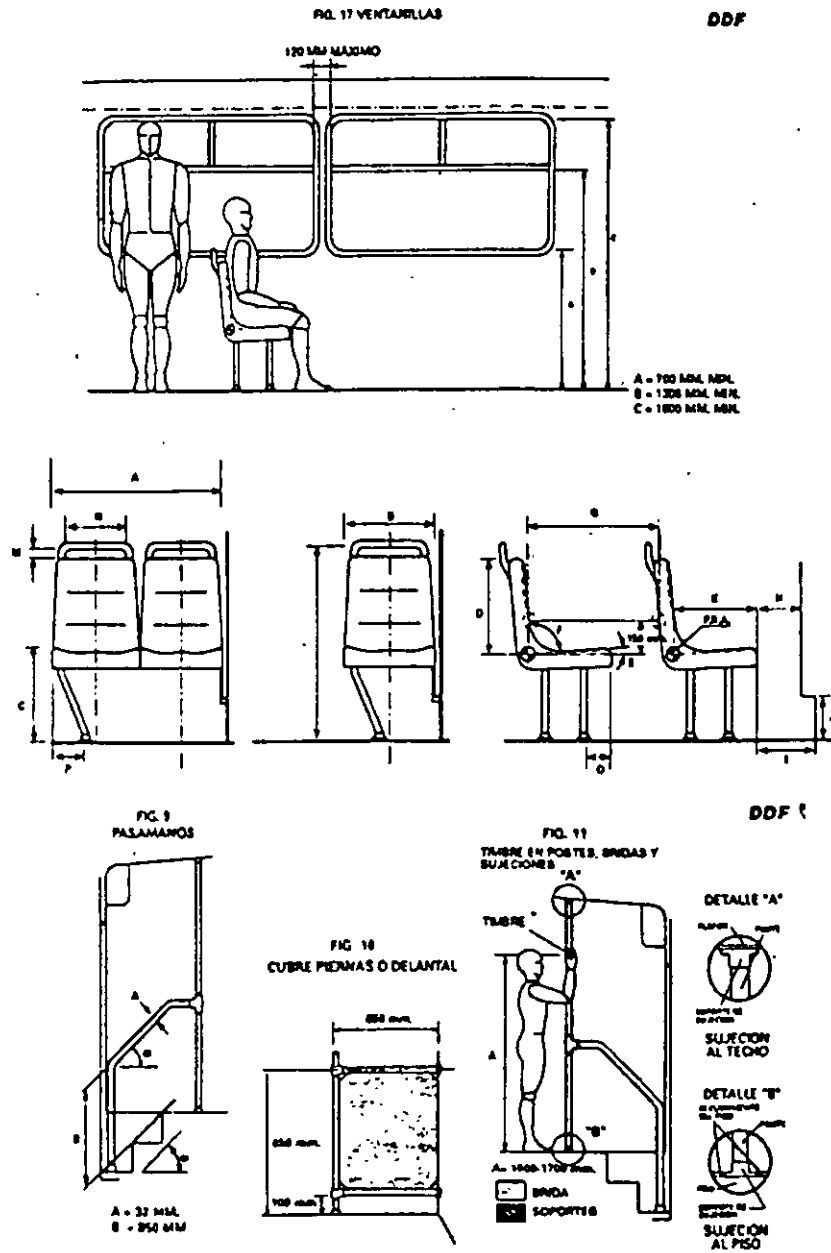


Figura B.1. Características antropométricas de los pasajeros urbanos
xxxiv

Para suministrar a los usuarios un espacio que no les sea incómodo, la separación entre los asientos tipo mancuerna deberá quedar comprendida entre los 65 y 70 cm y su anchura no ser menor de 90 cm. Los pasillos sólo para transitar, deberían tener entre 52 y 55 cm de anchura; y cuando se fuera a transportar gente de pie, su dimensión deberá ser superior a 95 cm. En lo que se refiere a la altura interior, ésta deberá ser cuando menos de 175 y preferentemente 185 cm, medidos al paño inferior de la protuberancia más sobresaliente del techo, sea ésta un asidero, un pasamanos u otro dispositivo similar, o bien 195 cm de piso a techo.¹

Los vestíbulos, o sean aquellas áreas donde se acumula la gente para pagar su pasaje al subir o para esperar el arribo a la parada, no deben ser inferiores a 0.30 m², totalmente libres, (un espacio de 65 por 50 cm, aproximadamente). Así también, los accesos (las puertas) deberán tener al menos 60 cm de anchura. Finalmente y como complemento de lo anterior, en lo tocante a la altura de los peldaños de las escaleras de entrada y salida, ésta debe estar comprendida entre 18 y 25 cm, y como máximo 30 cm, en su relación con el nivel de la acera; cualquier omisión en la atención de esta especificación conllevaría la posibilidad de ocurrencia de accidentes al subir o al bajar de los vehículos.

CUADRO B.1. Ventajas e Inconvenientes de los Arreglos Interiores

TIPO DE ARREGLO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Banqueta longitudinal	Fácil acceso de cualquier usuario a los lugares. Aprovechamiento más exacto del espacio disponible.	Incomodidad durante los frenajes y arranques. Excesivo roce personal entre los viajeros.
Mancuernas dobles transversales	Más estabilidad de las personas durante el viaje. Menor roce interpersonal.	Dificultad en la maniobra de acomodo. Falta de equidad en la distribución de los espacios.
Asientos individuales orientados en el sentido del movimiento	Las mismas de las mancuernas dobles transversales.	Reducción del número de personas sentadas.

En el Cuadro B.1 anterior se asientan las principales ventajas e inconvenientes que tienen los acomodos de asientos más comunes.

¹ Para mayor información ver el "Manual de lineamientos técnicos de seguridad, comodidad y ambientales que deben cumplir los autobuses, minibuses y vagonetas que presten el servicio público de transporte de pasajeros en el D.F." 1996 (V del A).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Uno, otro o alguna combinación de tales arreglos de asientos, permite aprovechar los espacios para el mejor acomodo de la gente. Todos poseen también ventajas e inconvenientes, y debieran sujetarse a ciertas normas en cuanto a los espacios libres mínimos que pueden manejarse sin detrimento del confort de los usuarios. La Figura B.2 muestra un buen arreglo interior de un vehículo de 15 pasajeros sentados, y lo correspondiente a una unidad más grande, capaz de acomodar de 80 a 90 pasajeros; 51 sentados y 34 de pie.

En las zonas de andenes y en los lugares previstos para el ascenso y el descenso de usuarios es necesaria asimismo la previsión de un espacio apropiado para el buen desplazamiento y el acomodo natural de la gente. Aparte de lo que les puede representar en confort personal, los pasajeros suelen comportarse mejor y permanecen más confiados y tranquilos durante la espera de un transporte, cuando pueden hacerlo en buenas condiciones. Las grandes aglomeraciones en los paraderos y terminales, amén de agregar incomodidades extra al público, reducen la eficiencia de los transportes porque multiplican el tiempo necesario para abordar y descender.

Independientemente del diseño geométrico que deben adoptar los andenes y las zonas para abordaje (esto se verá en el Apartado B.3, correspondiente a la vialidad) conviene asentar que en las terminales los usuarios transitan mejor si se logran prever pasillos de 100 cm de anchura por cada línea de peatones.

En las paradas conviene construir encauzamientos físicos —barandales— cuando las acumulaciones previsibles fueran considerables; los encauzamientos deben tener de 70 a 80 cm de anchura, para obligar a que se respete el orden, evitando la formación de filas de dos en fondo. Si la acumulación de gente aguardando no los amerita, la espera puede darse libremente, pero procurando informar al público en qué punto exactamente se detendrán las unidades. Eso se verá con más detalle en el apartado siguiente.

Esta exposición de normas antropométricas aplicables a los transportes no es exhaustiva. La norma mexicana respectiva, la NOM-D-260-1992, publicada en noviembre de 1992 en el Diario Oficial de la Federación y el documento de la referencia¹ (p. xxxv) cubren con gran detalle estas y otras cuestiones alusivas, por lo que se recomienda su consulta.

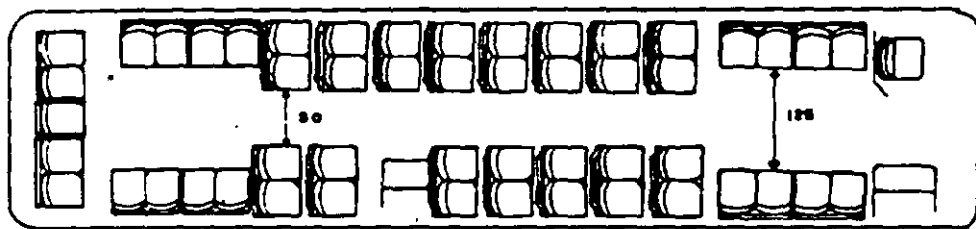
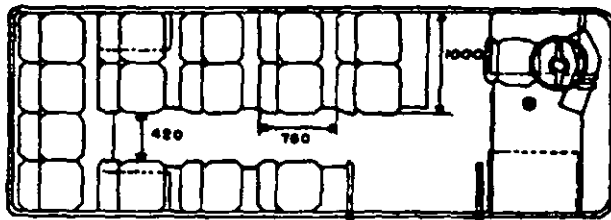
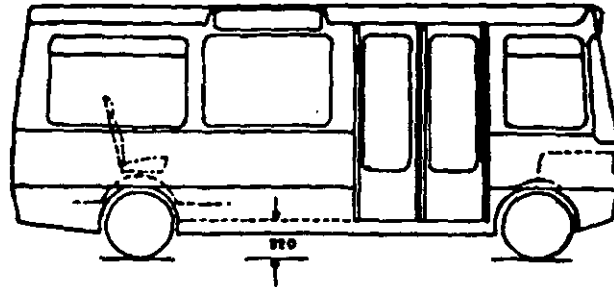


Figura B.2. Arreglo interior de dos vehículos de transporte típicos

B. 1.2. Señalamiento

Un señalamiento adecuado favorece la operación y presta al público mayor confianza y confort. El señalamiento guía al usuario orientándolo hacia su destino e invitándolo a dar facilidades a todos para transportarse. Esto se logra de tres maneras: i) informándole cuáles recorridos pasan por la parada y, preferentemente, con qué frecuencia y en qué horario; ii) indicándole oportunamente qué transporte está por llegar; y iii) mostrándole en qué lugar se colocará el vehículo al arribar.

Ello se consigue de tres maneras también. Sobre los servicios disponibles se informa mediante desplegados que se colocan estratégicamente en las paradas los que, a manera de carteles publicitarios, indican los nombres —y de ser posible, los trazados— de los servicios que acuden al lugar. La información puede complementarse con tablas de horarios o de frecuencias.

El dato de qué transporte está llegando a la parada debe dársele al público mediante un letrero (o “bandera”) que indique con claridad el nombre con el que se conoce el servicio. Esta información debe colocarse al frente y en el costado derecho de cada vehículo, y puede consistir en sendos letreros diseñados para ser leídos fácilmente. El apartado 4.2.1.1 de la norma NOM mencionada antes, condiciona las características del dispositivo denominado “caja de rutas” que deben portar los vehículos de transporte.²

El lugar exacto de parada de la unidad, sobre todo si en ese punto suele llegar más de un vehículo a la vez, debe señalarse bien: en el piso, mediante una raya blanca de 30 cm de anchura que abarque todo el carril; y en la acera, en el lugar en que se ubicará la puerta de acceso, mediante otra raya de 10 ó 15 cm de anchura. Estas señales se repetirán tantas veces como vehículos puedan arribar de modo simultáneo.

B.2. La Tecnología

La expresión “Tecnología” ha sido escogida para denominar a todos los *vehículos típicos de transporte urbano de personas*. El empleo de esta expresión convencional obedece a lo siguiente: en el presente la variedad en los modos de transporte es considerable como quiera que se les mire.

² La costumbre de dibujar leyendas en el parabrisas, debe evitarse por desaseada e inoperante (N del A).

Cuadro B.2 . Niveles de información al público usuario del transporte

NIVEL	CARACTER INFORMATIVO	ELEMENTOS PROTOTIPO
En el vehículo	Número del vehículo Número del servicio	Costado derecho y posterior Bandera o cuadro de rutas
	Recorrido esquemático	Larguillo impreso (interior)
	Documentos informativos	Tripticos y volantes
En las paradas	Número ordinal de la parada Nombre de la parada	Estela de señalamiento o Nombres en cobertizos
	Punto de detención Ubicación de las puertas	Pintura en el piso del carril Pintura en el bordillo
	Croquis de la ruta Plano de la red (en transbordos) Programa de paso	Marco en cobertizo Mapa en cobertizo Desplegado en cobertizo
En terminales	Número de andén	Estela en cabecera de andén
	Puntos de detención	Pintura en el piso del carril
	Croquis de cada ruta Programa de salidas Plano de la red	Marco en el andén Desplegado en el andén Mapas de puntos seleccionados
	Documentos informativos	Tripticos y volantes

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Los hay de todo tipo y capacidades; desde los más simples como los denominados "dos ruedas"—bicicletas, motonetas y motocicletas—, hasta los más potentes y complejos portadores como el Metro.

Todos son transportes de pasajeros que coexisten en las ciudades, aunque varios no se asocian con las denominaciones genéricas de "vehículos", "unidades" o "modos", usuales sólo en algunos. Si a esto agregamos que ciertos de ellos comparten, además de los mismos nombres, funciones diversas, —existen autobuses para servicio urbano y los hay para servicios foráneos o de largo recorrido—, se podrá comprender que para no incurrir en excesos u omisiones se haya optado por agrupar a todos los que llamaríamos «modos legítimos» dentro de una expresión común.

B.2.1. Parámetros de la operación

El estudio de los vehículos de transporte obliga a conocer el significado de muy numerosos conceptos que, sistemáticamente, son aplicados en los análisis. Conviene entonces explicar y dar la nomenclatura de algunos de ellos, anticipándonos a sus ulteriores menciones.

a. Capacidad unitaria. [CU, o sólo U]

Es el número de pasajeros que puede llevar normalmente abordo cada uno de los vehículos de un tipo dado de transporte. Se le expresa en *pas/veh* (pasajeros por vehículo) y el número puede o no separar entre pasajeros sentados y pasajeros totales. Su cuantificación deberá considerar las características antropométricas ya mencionadas, mediante un cálculo específico que se detalla en el ejemplo siguiente.

Ejemplo B.1

Determinar la capacidad unitaria CU de un vehículo, en función de sus dimensiones —área disponible del habitáculo— y su peso bruto vehicular P.B.V. Para el arreglo interior se han escogido mancuernas dobles transversales.

Se parte de los siguientes datos supuestos:

Largo total de la unidad - 6.40 m (ver Figura B.4).
Largo efectivo del habitáculo - 4.20 m
Peso bruto vehicular (P.B.V.) - 5,850 kg.
Peso del bastidor ("chasis") - 2,000 kg.
Peso de la carrocería - 1,600 kg.

Para el cálculo se tomaron las medidas y la nomenclatura de la Norma Oficial Mexicana. Esto es, la NOM-D-260-1992 (ver p 12).

Solución:

De acuerdo con la práctica, la CU de los vehículos de transporte está proporcionada por la menor de las dos cifras siguientes: i) la capacidad, referida al espacio disponible en razón de la superficie del habitáculo y ii) la capacidad posible en función del peso que pueden soportar los bastidores de los vehículos en cuestión. Con base en ello se tiene:

Para estimar el número de mancuernas que podrían caber, será necesario verificar cuántas de ellas admite el vehículo a lo largo. Para el caso tenemos en el lado izquierdo una longitud interior disponible LIDi = 420 cm, y como del lado derecho hay puertas, las longitudes son distintas en uno u otro costado, por lo que la LIDd = 350 cm. Ahora bien, en 420 cm de longitud caben 6 espacios de 70 cm cada uno y en 350 cm sólo caben 5, ocupando el resto del espacio la puerta trasera. El resultado del reparto, observable en la Figura B.3, arroja una cifra posible de 23 pasajeros sentados en la unidad.

Veamos ahora qué representa esa cifra en cuanto a la capacidad de soporte del vehículo.

Si se admite como peso promedio por pasajero un valor de 70 kg, los 23 pasajeros pesan 1,610 kg, los que, sumados al peso de la carrocería (1,600 kg) y al del propio bastidor (2,000 kg) arrojan la suma de 5,210 kg. Así, la capacidad de carga excedente del vehículo es $5,850 - 5,210 = 640$ kg, los cuales, traducidos a pasajeros representa 9 personas adicionales que podrían viajar de pie. Total = 32 pasajeros.

b. Índice de ocupación. [IO]

El *Índice de Ocupación* vehicular IO es una fracción numérica que puede expresarse como por ciento o en decimales, y que indica hasta qué punto va llena la unidad al ser observada. Se calcula dividiendo el número de pasajeros abordo entre la capacidad unitaria CU.

Figura B.3. Arreglo interior del vehículo del Problema B.1 (p. xxxix)

c. Velocidad de marcha. $[V_m]$

La *velocidad de marcha* V_m es la que adoptan los vehículos a lo largo de su recorrido; se le calcula dividiendo la longitud del trayecto entre el *tiempo neto* T_n empleado para recorrerlo. El concepto de tiempo neto implica que en la medida de la duración del trayecto se han restando las demoras o las pérdidas de tiempo causadas por los congestionamientos, los semáforos y las paradas. La velocidad V_m se expresa en km/hr (kilómetros por hora).

d. Velocidad comercial. $[V_c]$

Para el cálculo de la *velocidad comercial* V_c se utiliza el *tiempo global* T_g , mismo que incluye, además de las demoras orilladas por los semáforos y el congestionamiento, aquella que ocasiona el ascenso y descenso de pasajeros. O sea, cuando en la búsqueda de la velocidad se asumieran todas la pérdidas de tiempo posibles, dicho cálculo nos llevaría al valor de la velocidad comercial V_c . Este parámetro también se expresa en km/hr .

Cada uno de estos conceptos tiene uno o más usos. Estos serán examinados y utilizados en capítulos subsecuentes.

xlii

B.2.2. Tipos de vehículos

La tecnología del transporte urbano abarca una notable variedad de vehículos que eventualmente deben responder a todos los tipos de demanda susceptibles de presentarse. Sin embargo, no todos observan la misma disponibilidad, sino que hay un número reducido de ellos que se han acomodado mejor a la circulación urbana. Los vehículos estándar del transporte urbano -VETU- son:

- i) los autobuses;
- ii) los mini o microbuses;
- iii) las camionetas, tipo Van o tipo Combi;
- iv) los automóviles sedán.

Los otros modos de transporte: Metro, Tren Ligero, Tranvías y Trolebuses, y en general los PRT (*Personal Rapid Transit*) y los GRT (*Group Rapid Transit*), sólo serán vistos tangencialmente y dentro del contexto de algunos problemas en particular.

De todas las características de los VETU, en el desarrollo del texto veremos sólo las que interesan desde el punto de vista de su mayor influencia en la operación de los servicios. Esto quiere indicar que no se estudiarán ni todos los vehículos ni todas sus características, sino sólo lo de mayor importancia.

A. El autobús

Es el más antiguo y el más tradicional de todos los modos, tanto en nuestro medio como en el resto de los países. Sus primeras versiones al nivel mundial datan de 1826; las de México vienen de los años 20s. El autobús tiene indiscutibles ventajas funcionales y operativas: es totalmente autónomo -no está sujeto a cables como el tranvía o el trolebús-, y posee al mismo tiempo una considerable flexibilidad. Aunque como todos los VETU requiere de un canal para moverse -las calles-, de hecho puede entrar casi por cualquier vereda o brecha, con tal que logre pasar y no quede atorado por la ausencia de una buena superficie de rodamiento.

La capacidad unitaria de los autobuses oscila entre 70 y 110 pasajeros (cifras generalmente aceptadas en muchos lugares) y su velocidad comercial varía entre 15 y 25 km/hr. El autobús es recomendable para satisfacer demandas ubicadas entre 1,000 y 2,200 pas/hr, lo cual se con-

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

sigue operándolos con tres o cuatro minutos de intervalo. Acusan buena flexibilidad, lo cual facilita la operación de varios servicios simultáneos, a condición de que los puntos de parada no muestren congestión excesiva. Los principales parámetros operativos de los autobuses quedan consignados en el Cuadro B.2 adjunto.

Cuadro B.2. Parámetros Operativos de los Autobuses³

CARACTERISTICA	VALOR ESTANDAR	VALOR MEDIO
Capacidad unitaria (pas)	de 70 a 110	90
Transportación diaria (pas)	de 800 a 1,200	1,000
Velocidad comercial (km/hr)	de 15 a 25	20
Recorrido diario (km)	de 150 a 350	200
Vueltas por día	de 4 a 8	6
Frecuencia máxima (veh/hr)	de 10 a 20	15

B. El microbús

Más que simplemente una versión acortada del autobús, el mini y el microbús pueden concebirse como unidades de tamaño reducido, que compensan su menor capacidad unitaria con una mayor agilidad y ello los lleva a competir con ventaja con vehículos más grandes. Están particularmente recomendados en trayectos cortos y sinuosos sin una demanda excesiva; cubren con eficiencia demandas comprendidas entre 400 y 800 pas/hr, más allá de las cuales se obligan a adoptar frecuencias que les acarrearán muchas interferencias. Sus características más sobresalientes aparecen en el Cuadro B.3 siguiente.

Cuadro B.3. Parámetros Operativos de los Microbuses

CARACTERISTICA	VALOR ESTANDAR	VALOR MEDIO
Capacidad unitaria (pas)	de 15 a 45	30
Transportación diaria (pas)	de 200 a 600	400
Velocidad comercial (km/hr)	de 18 a 36	27
Recorrido diario (km)	de 150 a 350	200
Vueltas por día	de 5 a 8	7
Frecuencia máxima (veh/hr)	de 20 a 30	25

³ Estos valores son un promedio de la información alusiva contenida en el reporte "Sistemas de Transporte Público Urbano" de Alan Armstrong-Write, auspiciado por el Banco Mundial (informe no oficial), 1989.

C. Las camionetas

El empleo masivo de los microvehículos del tipo de las Van y las Combi sólo puede ser explicado en función de alguna necesidad repentina de transporte, debida a una baja brusca o intempestiva de la oferta, o bien por algún crecimiento explosivo de la demanda que no diera tiempo para habilitar otro vehículo más eficiente. Es decir, como unidades para los servicios colectivos de ruta, las camionetas o similares son ineficientes a menos que el tamaño de la demanda las recomendara especialmente; lo cual resulta ser algo muy poco frecuente. Un vehículo de ruta de menos de 15 pasajeros de capacidad no suele ser rentable, excepto si se le permite cobrar tarifas elevadas o se le sobreutiliza.

Por tales motivos conviene considerar a esas unidades más bien para servicios sobre pedido o de tipos muy especiales - "call services"-, y no como transporte convencional. El Cuadro B.4 sintetiza sus características.

Cuadro B.4. Parámetros Operativos de las Camionetas

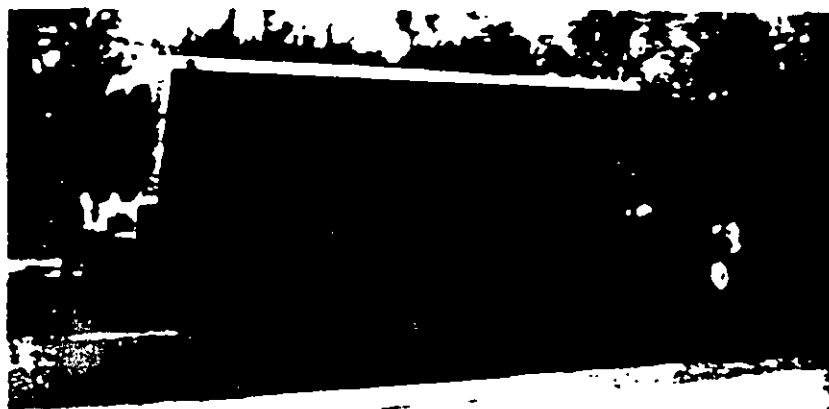
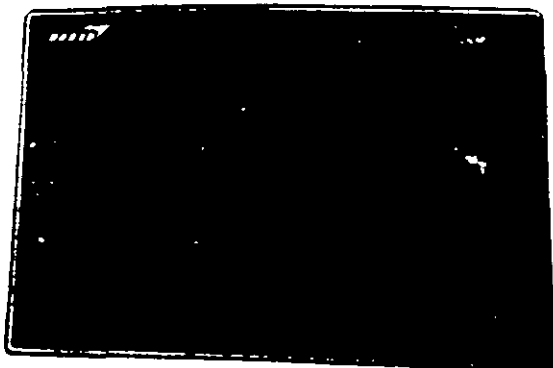
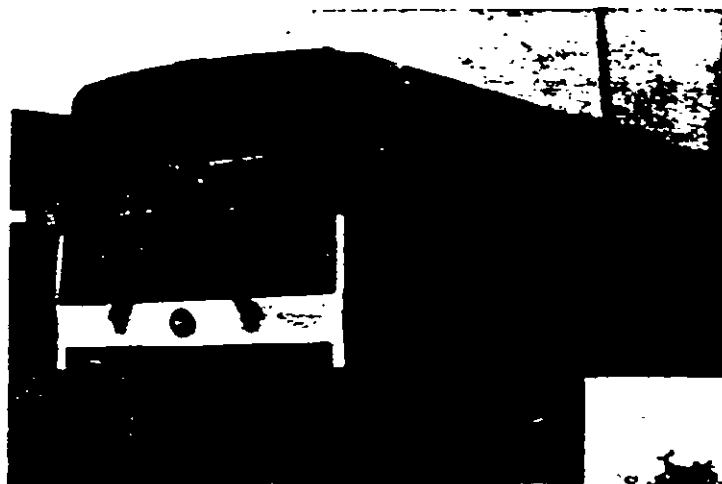
CARACTERISTICA	VALOR ESTANDAR	VALOR MEDIO
Capacidad unitaria (pas)	de 8 a 12	9
Transportación diaria (pas)	de 100 a 150	120
Velocidad comercial (km/hr)	de 20 a 40	30
Recorrido diario (km)	de 150 a 350	200
Vueltas por día	de 5 a 8	6
Frecuencia máxima (veh/hr)	60	30

D. Los autos tipo sedán

Estos vehículos sólo pueden emplearse como taxis, libres o de sitio, por su escasa capacidad y por las precarias condiciones de abordaje que poseen. Son recomendables para atender el servicio común de alquiler, donde en cada viaje se trasladan 1.8 personas en promedio solamente. Sus características operativas son idénticas a las de los automóviles particulares.⁴

⁴ En algunos vehículos de una sola puerta de acceso, se ha suprimido el asiento delantero derecho para facilitar la entrada del pasajero, pero al precio de incrementar la inseguridad y el desconfort (*N del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES



Vehículos e instalaciones del transporte urbano

xlvi

B.3. La Vialidad

La vialidad constituye la infraestructura del transporte; es su soporte y su albergue. Del apego que guarde el esquema viario con respecto a las necesidades de movimiento de la población, dependerá la eficiencia del sistema de transporte; es por ello que conviene tener bien presente la jerarquización y la topología de la red vial cuando se analizan o se diseñan los servicios de transporte. Aquí trataremos muy brevemente ambos temas.

B.3.1. Jerarquización de la red vial

El esquema de la red vial de las ciudades presenta una configuración jerarquizada; es decir, no todas las vías son iguales ni tienen la misma función urbana. Las hay destinadas para el tránsito continuo de grandes volúmenes; hay otras que cubren la tarea de canalizar los flujos más directamente; otras tienen funciones distribuidoras; y otras más, las de menor rango vial, son las que dan acceso a los domicilios. Jerárquicamente hablando puede decirse que el sistema vial está integrado por:

- a) las vías de acceso controlado;
- b) las vías primarias;
- c) las vías secundarias, y
- d) las calles locales.

Además de esas vías, y a veces formando parte de algunos de tales casos, pueden mencionarse otros tipos cuya clasificación se apoya más en su función específica que en un orden jerárquico preestablecido. En ese contexto pueden citarse:

- e) las vías o corredores de penetración, a menudo prolongación de los sistemas carreteros; y también,
- f) los circuitos o sistemas de libramiento, localizados casi siempre en los límites de la zona congestionada de la ciudad.

Todas ellas pueden albergar al transporte, aunque unas lo hacen con bastante más eficiencia que otras. En seguida se comentan algunas de sus principales características, y con base en ellas se explican sus asociaciones con el transporte de personas.

a. Vías de acceso controlado

Son arterias o corredores en cuya conformación se ha previsto la omisión de todo tipo de interferencias entre los vehículos con diferentes direcciones. Es decir, los cruces son a desnivel generalmente; el tránsito rápido queda separado del tránsito lento a base de separadores y canalizaciones; las incorporaciones y las desincorporaciones de vehículos a la vía —la entrada y salida de vehículos— está bien controlada en cuanto a lugar, velocidad y número; la detención ocasional voluntaria de cualquier vehículo está prohibida, etc. Estas arterias son las encargadas de encauzar sobre trazados directos los grandes volúmenes vehiculares, y todo su esquema de funcionamiento está basado en esa premisa.

Consecuentes con esto, el transporte sólo tendrá posibilidad de circular sin detenerse, salvo que cuente con lugares específicos para el ascenso y el descenso de pasaje y que además ellos estén separados del tránsito principal. La Figura. B.4 muestra una sección transversal —el corte transversal— de una arteria de dicho tipo. Con frecuencia el diseño de tales vías queda asociado con el proyecto de algún transporte masivo, mismo que suele colocarse al centro.

b. Vías primarias

Son vías de gran anchura y con tránsito en un solo sentido, salvo que tengan un separador central de las circulaciones opuestas. En ellas el transporte puede quedar ubicado en carriles exclusivos o en fajas preferenciales, y puede manejarse en sentido directo u opuesto a la circulación principal, lo que les proporciona mayores ventajas aún (ver el Capítulo 4). Más que las vías de acceso controlado, las vías primarias constituyen el esqueleto vial de la ciudad; su configuración se funda e influye en la forma y en el desarrollo urbanos. Poseen varias configuraciones o diseños topológicos, a saber:

- La figura cuadrícula o de *retícula uniforme*;
- La *retícula convergente-divergente* (con trazados diagonales);
- El esquema de las *líneas de flujo* del tránsito.

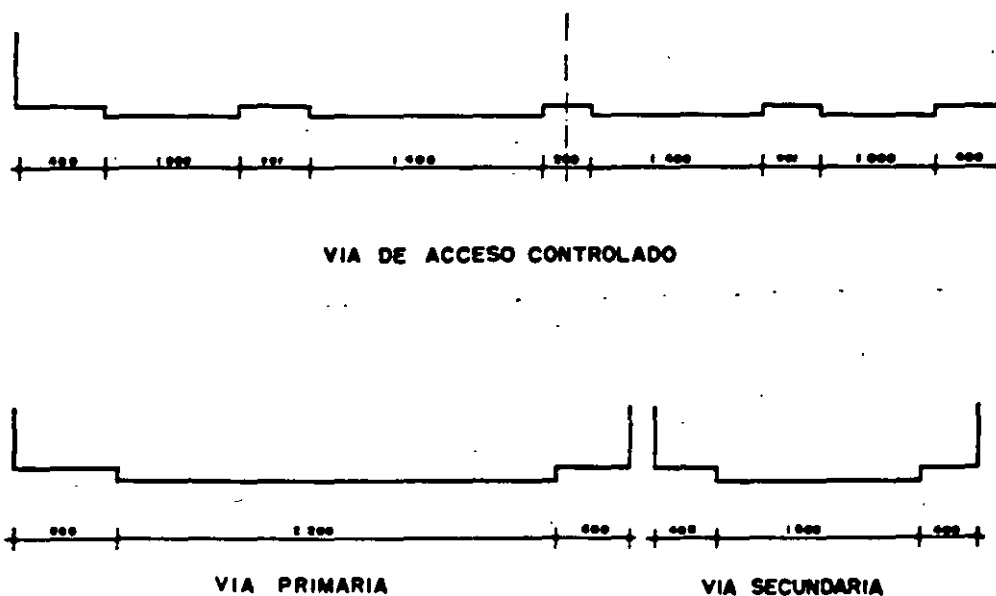


Figura B.4. Corte transversal de una vía de acceso controlado

Cada una de las configuraciones mencionadas tiene ventajas y defectos que las hacen más propicias para determinadas funciones y menos para otras. En la figura B.5 se muestra simplificada la estructura topológica de estos esquemas viales.

Refiriéndonos a los transportes, veamos las ventajas y los inconvenientes que tiene cada uno de los diseños.

La retícula uniforme

Ventajas:

La Retícula Uniforme tiene la ventaja de permitir la ubicación de casi todo tipo de transporte, inclusive se puede admitir uno distinto en cada

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

calle o varios en una misma vía, todo dependiendo de las dimensiones transversales de éstas.

Por su configuración cuadrangular, se admite que puedan trazarse varias trayectorias o rutas diferentes entre dos destinos cualesquiera; es decir, se admiten *trazados redundantes*. Esto es importante en la medida en que, de presentarse algún bloqueo o conflicto sobre una cualquiera de las rutas, siempre existirá la posibilidad de cambiar el trayecto a otras vías más aptas, sin grandes recorridos adicionales.

Por la multiplicidad de calles paralelas —o casi— entre sí, puede lograrse una franca separación de tránsitos radicalmente diferentes. Por ejemplo, además de calles de tránsito normal de tipo mezclado, pudiera haber calles exclusivas para los transportes colectivos, y aun sólo para los peatones.

Desventajas:

También como un efecto de su configuración, en estos esquemas los trayectos que se apartan de la forma ortogonal quedan forzados a hacer recorridos más largos.

Este trazado hace que quede obligado el control semaforizado de los cruces, lo cual es difícil de instrumentar a causa de la frecuente presencia de flujos paralelos opuestos, y de vehículos con diferentes características de circulación.

Retícula convergente

Ventajas:

En la Retícula Convergente los trazados directos son más fáciles de adoptar. Es pues menos frecuente la necesidad de seguir largos trayectos entre los destinos.

Hay más facilidad para hacer expedita la circulación sobre los recorridos más importantes, soslayando los que lo son menos.

La sucesiva convergencia-divergencia del trazado viario le acredita ventajas a la hora de concentrar o diluir las corrientes de tránsito. Los mayores volúmenes pueden ir por las diagonales hasta que estén próximos a sus destinos; y a partir de ahí se separan del flujo principal y se canalizan por calles de menos tránsito y capacidad hasta llegar a su destino final.

1

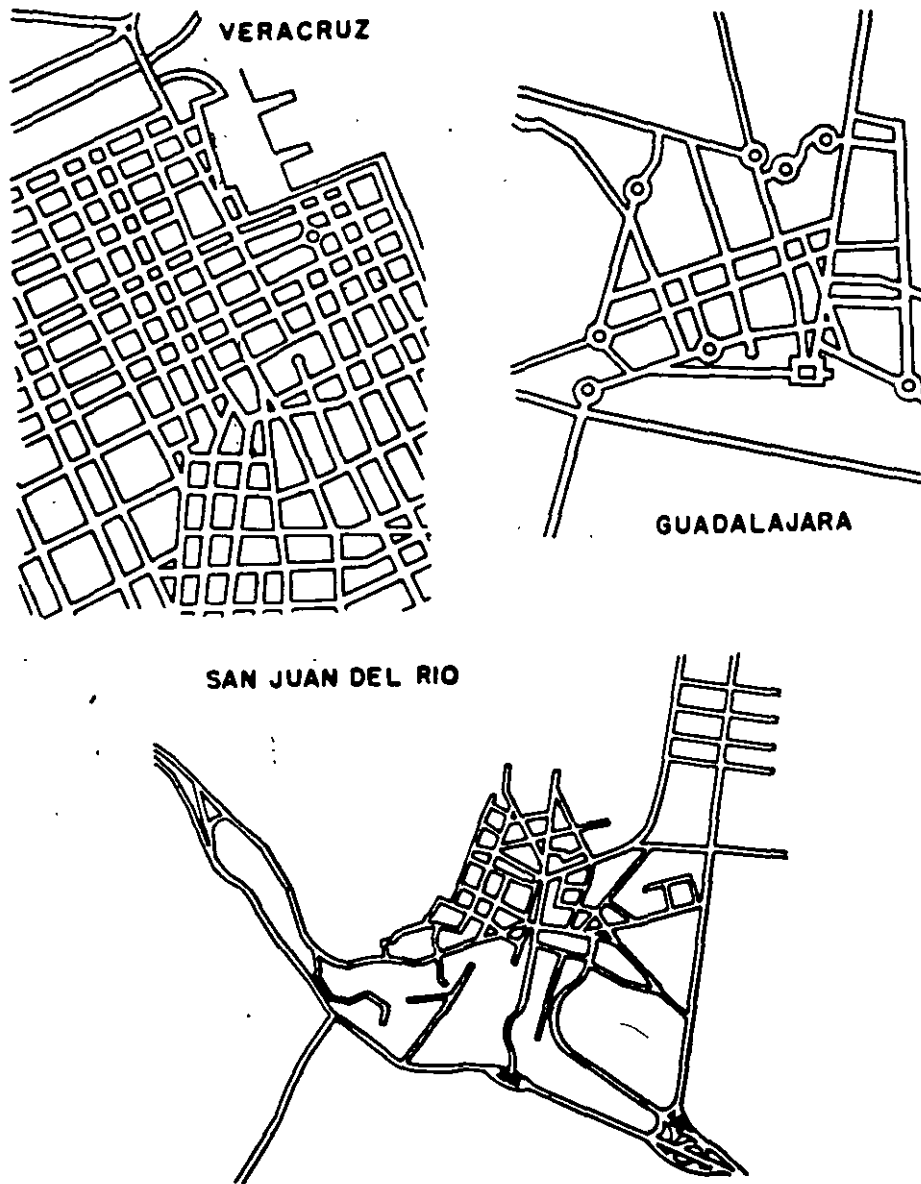


Figura B.5. Estructura topológica de los esquemas viales

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Todas las ventajas anteriormente mencionadas involucran también al transporte.

Desventajas:

La convergencia-divergencia va asociada con la acumulación de grandes volúmenes de tránsito en los puntos críticos de la red. A menudo esto perjudica mucho al transporte, obligándolo a trasladarse a calles menos congestionadas, a costa de efectuar trayectos menos directos.

La posibilidad de separar flujos diferentes es menor.

Líneas de flujo

Ventajas:

Presentan la conformación óptima desde el punto de vista de la rectitud en el trazado, aunque la peor configuración bajo la óptica de la redundancia o la diversificación de los flujos vehiculares. Los trayectos son lo más directo que pudiera encontrarse y su diseño va de la mano con la discrecionalidad de los flujos.

La necesidad de restringir las interferencias entre las corrientes casi desaparece; el flujo principal tiene la máxima prioridad de paso.

Cuando el transporte se instala sobre la vía principal, goza de todas las facilidades que le da este tipo de vía.

Desventajas:

Carecen por completo de redundancia y prácticamente no admiten ninguna diversificación o estratificación de los flujos.

Con la aparición de bloqueos, la circulación se suspende por completo.

c. Vías secundarias

Constituyen la principal red de distribución del tránsito. Son todas aquellas calles y avenidas que van rellenando el espacio que deja libre la red

primaria; su tarea consiste en canalizar o distribuir los flujos que entran o salen de las vías primarias. El control del tránsito se realiza por medio de semáforos, no necesariamente sincronizados.

Por la función que tienen asignada, estas vías deben poseer una buena continuidad y una latitud o anchura aceptable (tres o más carriles). Generalmente son de sentido único y de hecho en ellas se ubica el grueso de las rutas de transporte de una ciudad.

d. Calles locales

Forman el último eslabón de la cadena viaria que conecta los grandes flujos con sus destinos finales. Son calles de escasa latitud, de sentido doble o único, y de continuidad incierta y con poco tránsito.

Salvo las más concurridas, carecen de transporte masivo y sólo transitan por ellas los vehículos de las derivaciones o bifurcaciones de segunda importancia y no las troncales de las rutas.

B.3.2. Composición de la red vial

La red viaria está constituida por varios componentes: las calles propiamente dichas, las intersecciones, los dispositivos de control (los semáforos), los señalamientos y otros elementos complementarios.

Tanto los análisis de las intersecciones como la operación de los semáforos queda fuera del alcance del texto, por lo tanto no serán tratados. En cambio se describirán algunos elementos complementarios, ya que su conocimiento resulta útil para una comprensión global de los transportes. Los elementos complementarios son varios; en seguida se hará una descripción somera de los más notorios, así como de las dimensiones comunes de los elementos que integran la vialidad.

1. Arroyos y carriles

Arroyo o calzada es la denominación que se le da a esa parte de la vía pública por donde fluye el tránsito. Geométricamente hablando el arroyo es la distancia que media entre los bordillos o guarniciones de las ace-

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

ras opuestas. Su dimensión, aunque muy variada, no es arbitraria, debe ser capaz de albergar carriles completos, sean estos dedicados a la circulación de vehículos o diseñados para permitir el estacionamiento lateral. Los carriles o fajas, como el nombre lo sugiere, son cada una de las divisiones que se hacen en los arroyos y que se utilizan como canales individuales para la circulación. Las vías poseen por lo general varios carriles, dependiendo del tipo de arteria de que se trate. La anchura de los carriles suele ser como se ilustra en seguida:

Cuadro B.5. Anchura De Carriles Según Su Empleo

TIPO O EMPLEO DEL CARRIL	DIMENSIONES (en metros)
Para la circulación general	de 3.00 a 3.50
Para la circulación de autobuses	de 3.50 a 4.00
Para el estacionamiento en cordón	de 2.00 a 2.50

Según cada tipo de arteria, la anchura promedio es la que se indica en el Cuadro B.6 adelante.

Cuadro B.6. Composición Y Dimensiones Transversales Viales

TIPO DE VIA	NUMERO DE CARRILES	ANCHURA POR CARRIL (m)	ANCHURA DE LA ACERA (m)	ANCHURA TOTAL (m)
De acceso controlado	10 ó más	3.0 a 4.0	4.0	45.0 ó más
Vialidad primaria	4 a 8	3.0 a 4.0	6.0	24.0 a 42.0
Vías secundarias	3 a 4	3.0 a 3.5	4.01	17.0 a 21.0
Calles locales	2 a 3	2.7 a 3.0	3.0	12.0 a 17.0

2. Aceras

Las aceras o banquetas son aquellos elementos adosados al arroyo y usados para el tránsito de peatones.⁵ Su anchura es variable pero se deben proyectar de acuerdo con el tránsito peatonal esperado. Aunque existen muchos casos de aceras singularmente estrechas (de 1.00 m ó menos),

⁵ En aceras suficientemente anchas pueden alojarse carriles para la circulación de bicicletas (N del A).

las anchuras más generalizadas van desde 2.25 m hasta 7.00 ó más metros, a razón de 70 cm por fila peatonal, más 15 cm del bordillo o guarnición.

3. Separadores, camellones y canalizaciones.

Los separadores son elementos físicos encargados de dividir, con fines diversos, las varias corrientes de tránsito. Por lo común se trata de construcciones sólidas, de concreto reforzado en general, de unos 25 cm de altura y 15 cm en la corona, y cuya figura contornea el trazado de los carriles que separan.

Los camellones o fajas divisorias, por su parte, son en realidad separadores con mayor anchura, que se construyen con el objeto de dividir los flujos opuestos en las calles de doble sentido. Muchas veces son aprovechados para la siembra de vegetación. Su dimensión transversal —o sea, su anchura—, es variada, pero no es menor de 2 m y sólo excepcionalmente es mayor de 10 m.

Las canalizaciones son elementos físicos, semejantes a los separadores, o bien simples trazos de pintura en el pavimento, que siguen la configuración geométrica de algún diseño vial que haya sido ideado para facilitar los movimientos vehiculares en las intersecciones.

4. Zona de "acotamiento"

Esta parte de la vía es usual encontrarla sobre todo en las arterias rurales o en las carreteras. Se define como aquella parte la corona o arroyo, que delimita ambos lados de la zona pavimentada de la vía. En general se usa, en ausencia de aceras, para aumentar la amplitud aparente y para permitir el eventual estacionamiento de los vehículos, sin que ello signifique una obstrucción a la circulación. En la bibliografía de origen hispano se le conoce como "arcén".

5. Bahías y laderos

Son acondicionamientos geométricos en las aceras y camellones, diseñados para localizar las paradas del transporte, separándolas del flujo nor-

mal del tránsito de vehículos. Su ubicación y su diseño están sujetos a normas de proyecto juiciosamente concebidas. En la Figura B.6 se puede observar un diseño típico de ese tipo de elemento.

Figura B.6. Diseño de una bahía para el transporte público

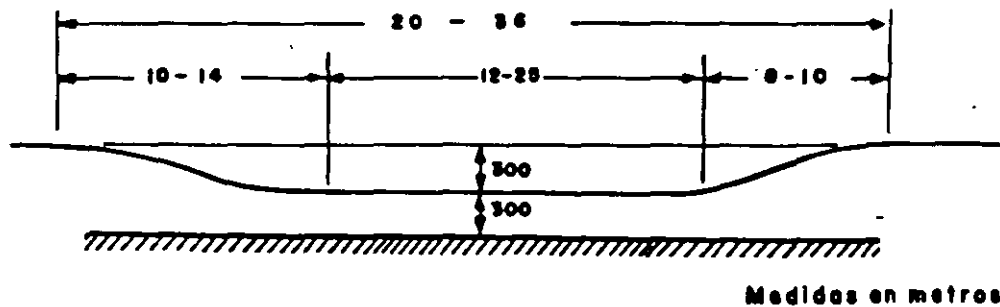


Figura B.6. Diseño de una bahía de ascenso de pasajeros

6. Paraderos y Terminales

Como componentes del sistema vial, la inclusión de los paraderos y terminales bien pudiera parecer discutible. Sin embargo, su consideración resulta conveniente porque no siempre es posible disponer de un ade-

lvi

cuado acondicionamiento en la vía pública, especialmente pensado para la ubicación de terminales de transporte urbano. O peor aún, porque casi nunca es posible instalarlas apropiadamente y las más de las veces se convierten en un problema real, donde la acumulación de unidades es la menor de las molestias. Lo mismo en su localización que en sus condiciones operativas, su funcionamiento debe ser objeto de un cuidadoso estudio para evitar la degradación del entorno que los alberga.

7. Señalamientos de tránsito

Los señalamientos de tránsito constituyen el complemento del diseño geométrico de las vías. Están destinados a ayudar al buen comportamiento y desempeño de los transeúntes, ya sean estos conductores, pasajeros o peatones. Debe aclararse que este tipo de señalamiento es diferente y cumple una función distinta a la del señalamiento propio del transporte que se menciona en el apartado B.1.2.

Existen varios tipos de señalamiento vial. Desde el punto de vista de su ubicación puede tratarse de:

Señalamiento vial vertical; o bien,
Señalamiento vial horizontal.

Señalamiento vial vertical

Las señales son elementos físicos que sirven para orientar el comportamiento de los usuarios. Según la función que cumplen, las hay de tres tipos:

- Señales informativas;
- Señales preventivas;
- Señales restrictivas.

Sus respectivos nombres resumen sus tres objetivos: informan, previenen y restringen. Las hay de muchas formas y tamaños, y en cada ocasión deben apegarse perfectamente a normas fijas y probadas de diseño. El "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito" es un documento oficial que generalmente publica la mayor autoridad del país en la materia, para garantizar la uniformidad de las señales a un nivel nacional y

Señales Preventivas

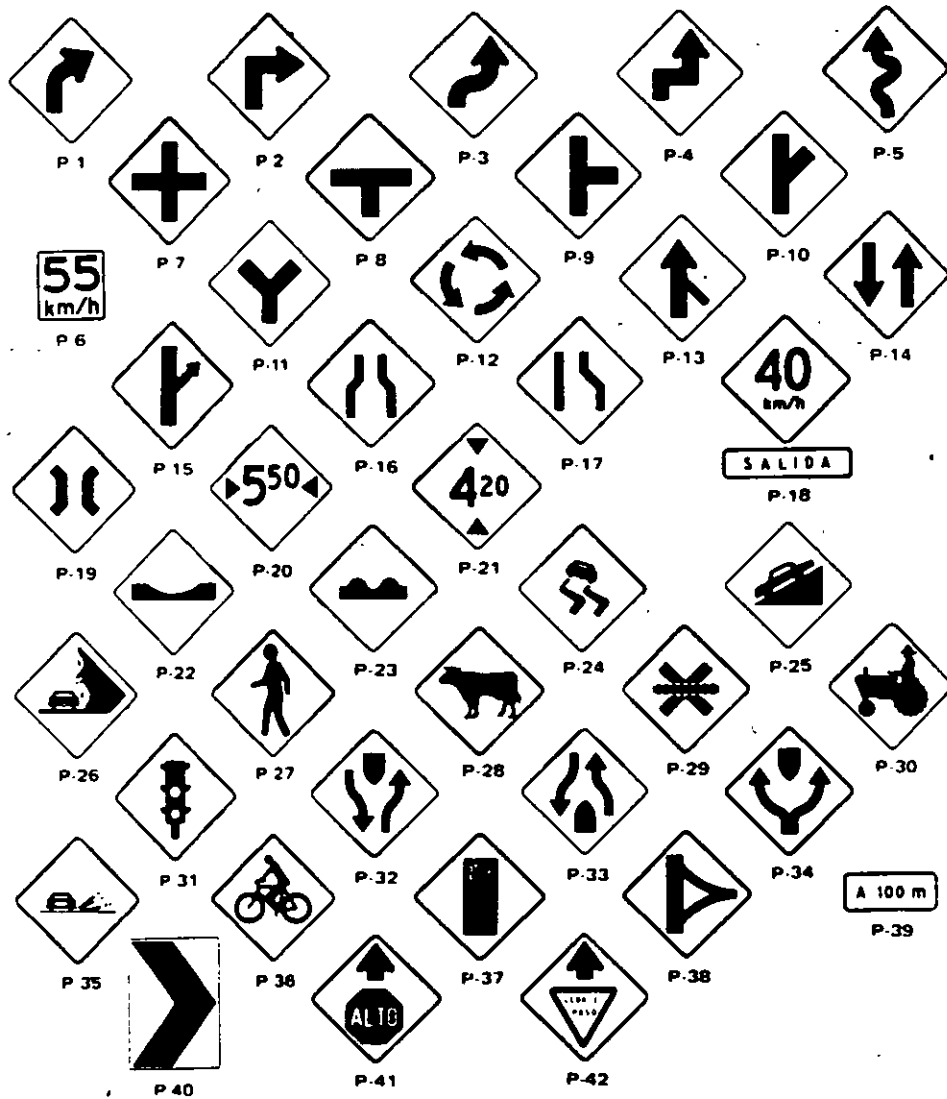


Figura B.7.a. Señalamientos de tránsito

lviii

Señales Restrictivas

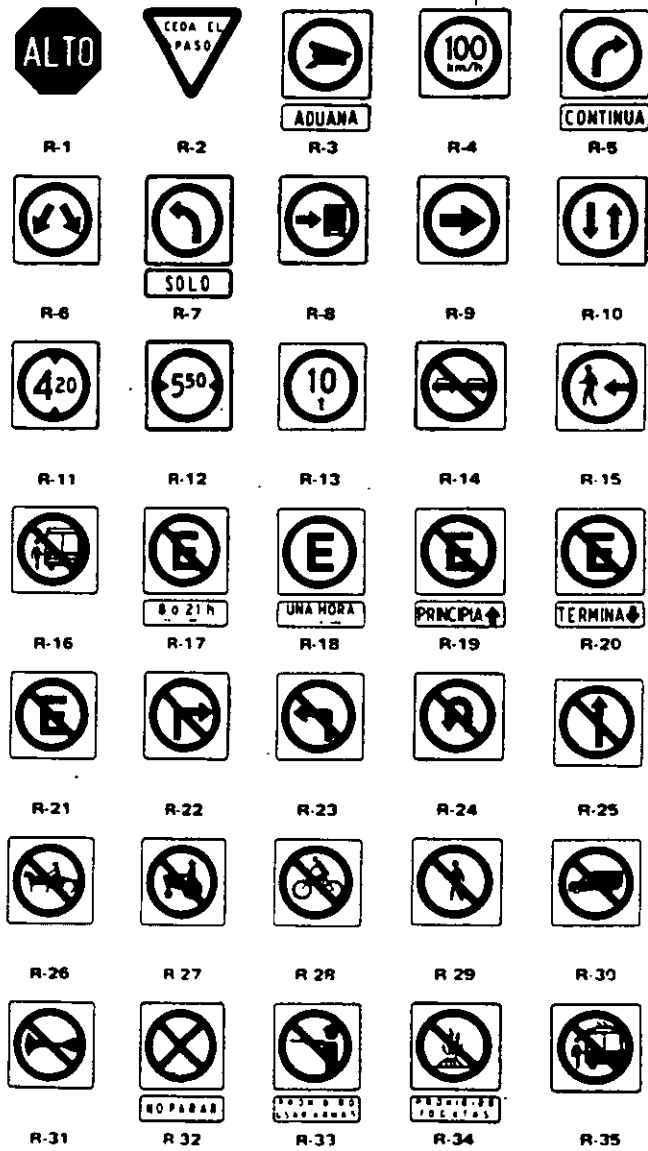


Figura B.7.b. Señalamientos de tránsito

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

apegar el señalamiento, en su caso, a normas de carácter internacional que hubieran sido convenidas. En México el señalamiento se sujeta a las normas aprobadas en el Congreso de Viena de 1960.⁶

Señalamiento vial horizontal

Se le conoce también como «marcas en el pavimento» y a veces con el término de «balizamiento». Sirve a los mismos propósitos que el señalamiento vertical. En este caso su tarea principal es la de encauzar o guiar los flujos de los vehículos y peatones, de manera de coadyuvar al orden de la circulación. Su diseño está normado por el mismo documento que se citó antes.

En las Figuras B.7.a. y B.7.b. se reproduce un grupo de señales de tránsito de ambos tipos.

⁶ De ahí se infiere que no es conveniente ni legal "inventar" señales; cuando se hacen necesarias, deben apegarse al Manual respectivo.

EL ENTORNO DEL TRANSPORTE URBANO



lxi

EL ENTORNO DEL TRANSPORTE URBANO



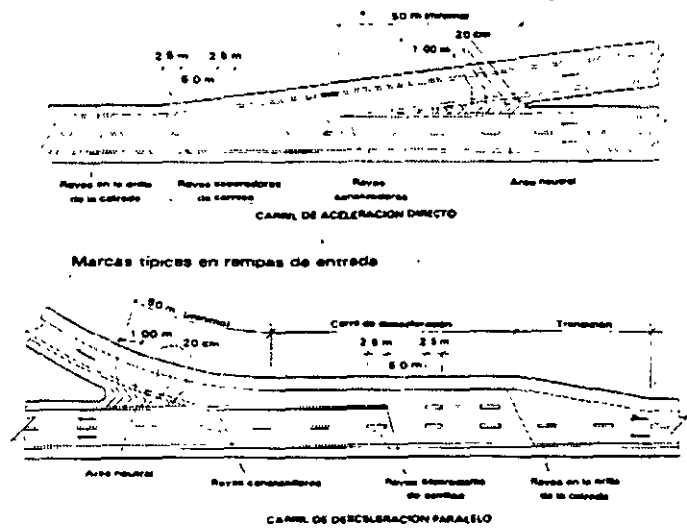
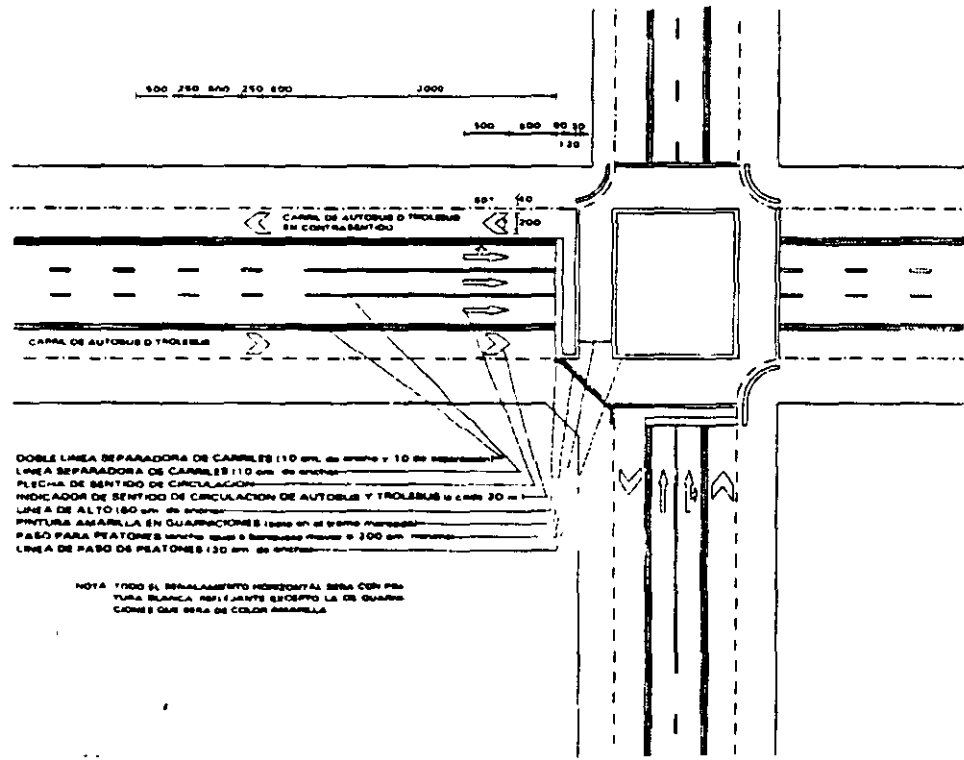
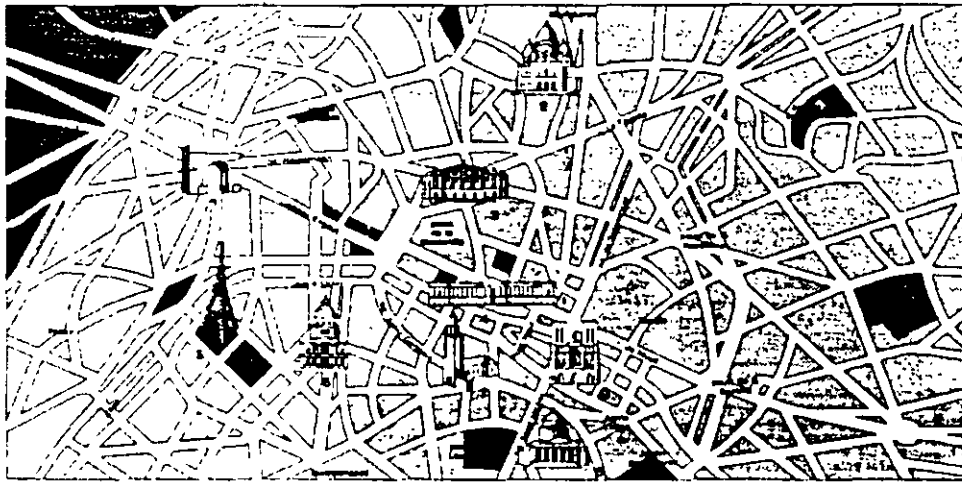


Figura 6.4. Marcas en una intersección



l x v



$$i = \frac{60}{F_o} \quad (\text{ecuación 2.5})$$

La frecuencia F_o está asociada con la demanda de servicio. Su cuantificación siempre obedecerá a alguna forma de expresión de la demanda. Así, para una *demanda de punto*, la frecuencia está indicada por la ecuación siguiente:

$$F_o = \frac{VP(HMD)}{CU} \quad (\text{ecuación 2.6})$$

siendo:

F_o = frecuencia de operación buscada.

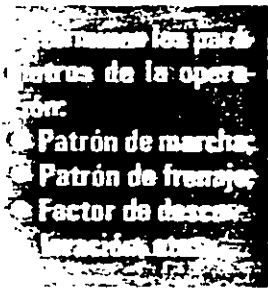
VP = viajes-persona o pasajeros por transportar.

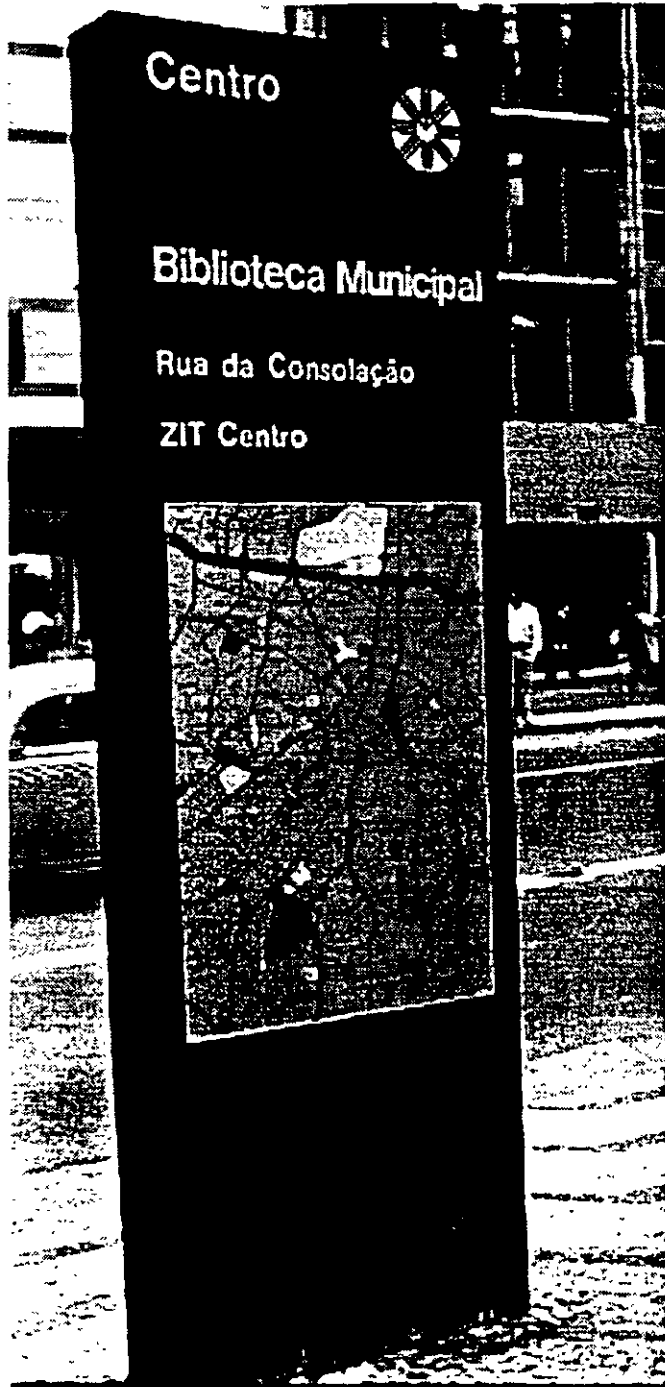
CU = capacidad unitaria de los vehículos.

2.3. El programa de operación

El programa de operación de una ruta de transporte consiste en un conjunto de estipulaciones referentes a la secuencia de salida de los vehículos, así como a los horarios específicos dentro de los cuales se deberá ajustar el momento de arribo a cada uno de los puntos de ascenso y descenso de pasajeros. En general se trata de uno o más cuadros, con itinerarios que son conformados de acuerdo con las características básicas de la demanda, y a los cuales se deben apegar los patrones de la oferta. Una vez establecida la frecuencia de operación del servicio, la secuencia de trabajo para configurar el programa respectivo queda expresada en las tareas que se anotan a continuación:

- 1) Determinar los parámetros de la operación de los vehículos para configurar su patrón de marcha. Es decir, identificar las características funcionales del equipo tales como: patrón de aceleración, patrón de frenaje, normal y de emergencia, factor de desaceleración, etc. Esto no es imprescindible en todos los casos —en el caso de los autobuses no es indispensable; lo es, en cambio en el caso de los equipamientos férreos o de operación en convoy—. Esto se detalla un poco más adelante (*ver* el apartado 2.3.1).





lxii

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

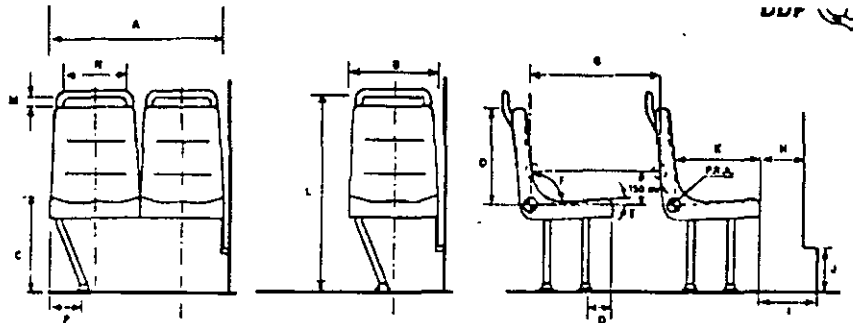


FIG 9 PASAMANOS

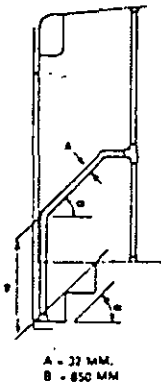


FIG 10 CUBRE PIERNAS O DELANTAL

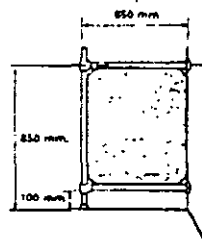
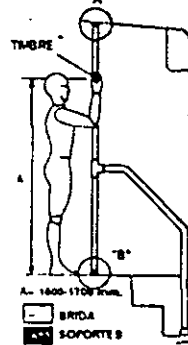


FIG 11 TIMBRE EN POSTES, BRIDAS Y SUJECIONES



DETALLE "A"



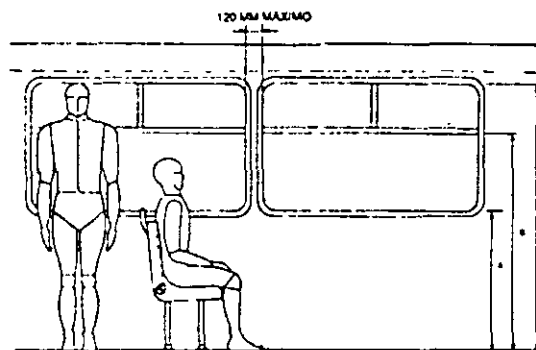
SUJECION AL TEJIDO

DETALLE "B"



SUJECION AL PISO

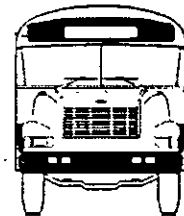
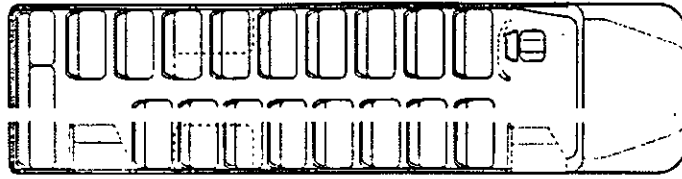
FIG 17 VENTANILLAS

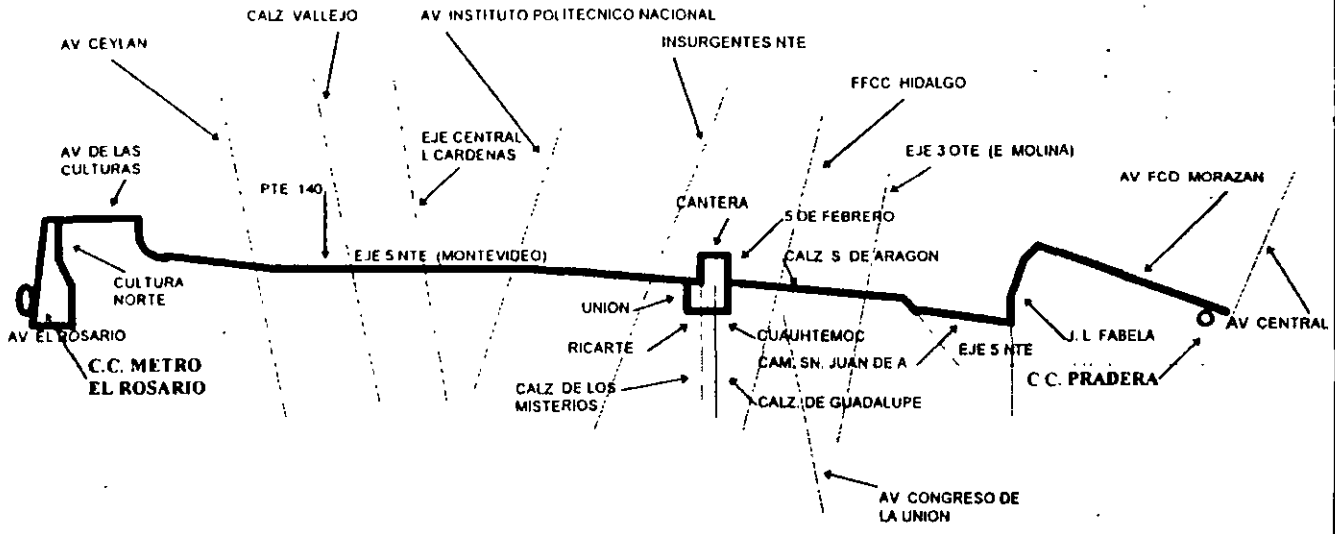


A = 700 MM. MIN.
B = 1300 MM. MIN.
C = 1800 MM. MIN.



LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

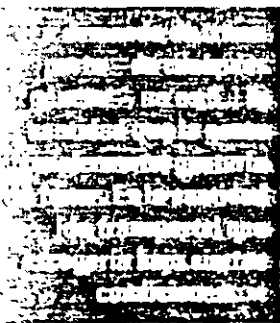




CAPITULO 1

LA DEMANDA DE TRANSPORTE

1.1. El concepto de demanda



Como un concepto general o interpretándola de una manera sólo superficial, la demanda en los transportes parece serle familiar a todas aquellas personas, técnicos o no, quienes en uno u otro sentido están en relación con ella. No obstante, la realidad es diferente; vista detalladamente, la noción general de demanda es un concepto complejo y elusivo. Veamos brevemente cómo se le define de una manera menos conocida.

«La demanda de transporte —de cualquier género—, no es (...) la cantidad que la gente [simplemente] gustaría de tener. Es la cantidad [de transporte] que escogería bajo ciertas condiciones...». Esto es lo que se expresa en el documento "Modern Transport Economics" de J. M. Thomson. Y se agrega: «En la práctica, las estimaciones de la (...) demanda descuidan a menudo algunos importantes factores de la misma...».

La anterior es una definición más coherente de la demanda, de acuerdo con la técnica analítica. Pero, ¿A qué factores alude J. M. Thomson? Hablando de un modo simplificado se refiere a los siguientes aspectos:

La demanda no es una cifra única e independiente del ámbito espacial y temporal en que se ubica.

- a. La demanda no es una cifra única e independiente del ámbito espacial y temporal en que se ubica; para un mismo entorno y momento adquiere valores distintos inducidos por causas diversas.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Los transportes no siempre responden a la ley de la oferta y la demanda.

- b. Los transportes no siempre responden a la bien conocida ley de la oferta y la demanda, ya que por una parte existen los grupos humanos "cautivos del transporte", y por la otra algunos modos pueden llegar a conducirse como "bienes de Giffen" o "bienes inferiores" en los que, a medida que el precio baja, la demanda también desciende o se polariza en lugar de aumentar. Ambos hechos modifican las condiciones que nos permitirían aplicar el concepto ordinario de demanda.

Los cambios que ocurren en los transportes demoran cierto tiempo en surtir algún efecto en la demanda.

- c. Los cambios que se llegan a suscitar en los transportes, en calidad o en cantidad, demoran cierto tiempo para surtir algún efecto en la demanda. Luego pues, las consecuencias de esos cambios a menudo están alteradas o quedan ensombrecidas por causas ajenas al fenómeno.

La distancia de viaje es un factor importante en la conformación de la demanda de transporte.

- d. La distancia es factor importante en la conformación de la demanda de transporte, porque a medida que los costos del usuario estén más relacionados con la distancia, o los tiempos aumenten, habrá menos demanda de viajes largos.

El transporte rápido y barato tiende a concentrar la demanda.

- e. El transporte rápido y barato, al igual que las facilidades gratuitas que otorgan las obras viales, tiende a concentrar la demanda en puntos de mérito especial, creando problemas locales de congestión.

Algunos de los problemas que confrontan los transportes son debidos a las fluctuaciones horaria, semanal o estacional de la demanda.

- f. Muchos de los problemas que confrontan los transportes son debidos a las fluctuaciones horaria, semanal o estacional de la propia demanda.

Con todo lo anterior se advierte la necesidad de ser muy cuidadosos en la cuantificación de la demanda. Al establecer una demanda para diseño hay que ser totalmente específicos.

1.2. Cuantificación de la demanda

Los comentarios anteriores dejan la impresión de que antes de estimar una demanda es necesario establecer en qué sentido de ella se está hablando, y más bien dicho, para qué se usará el valor calculado. En lo tocante a nuestra temática, el tipo de demanda que nos interesa es aquel que nos permita diseñar un buen programa operativo. Con ese propósito deberemos hablar de cuatro tipos de análisis. Veamos:

- 1) La demanda en un punto;
- 2) La demanda a lo largo de un corredor;
- 3) La demanda sobre un sector o una fracción del mercado;
- 4) La demanda asociada a un conjunto de rutas.

Otras conceptualizaciones clásicas de la demanda de transporte: la demanda al nivel regional, la demanda urbana general y la demanda de zona, no caben dentro de este enfoque, son propias de los estudios de planeación.

En otro orden de ideas pero con la misma óptica, al fijar la demanda es preciso dejarla estipulada según varios parámetros de definición, a saber:

Su **magnitud**, referida al tiempo (*volumen/hr ó volumen/día*);
La **repetición** de su ocurrencia (por la asiduidad de los usuarios);
El **nivel de servicio** implicado [de ello se hablará después] y,
La **unidad de transportación** (*viajes-persona/día, pasajeros-km u otra*).

Todo esto nos lleva a la necesidad de establecer algún método para valorar la demanda. Tales métodos —que son varios— suelen ser bastante complejos y su análisis exhaustivo llenaría más de un capítulo. No obstante ello, se les puede explicar de forma simplificada para lograr entenderlos y aplicarlos fácilmente. Esto lo veremos en seguida.

1.2.1. Métodos para investigar la demanda

Para medir la demanda potencial de un servicio de transporte, ya existente o no, se recurre a dos tipos de investigaciones: los *aforos* y las *encuestas*. Los primeros son simples conteos, de vehículos o de personas —o de ambos en forma simultánea—, destinados a medir la cantidad de ellos que pasan por cada punto que interesa¹. En las encuestas se aplican interrogatorios directos a las personas a propósito del origen, el destino y demás detalles del viaje.

Existe un tercer tipo de estudio con ciertas características intermedias que se emplea muy a menudo. Se le conoce comúnmente con el nombre de *estudio de ascenso y descenso* y es una versión limitada de una encuesta. En realidad es una encuesta de origen y destino referida al ámbito de un medio de transporte; no intenta tanto conocer el origen primero y el destino último de los viajes, sino los orígenes inmediatos (*ejemplo*: en qué parada hubo ascensos) y los destinos asimismo inmediatos (*ejemplo*: en cuáles paradas ocurrieron descensos). Su empleo busca definir el nivel de ocupación de los vehículos a lo largo de su ruta, con varios fines, el más importante de los cuales es el diseño operativo.

Los tres estudios se hacen *por muestreo*, es decir, escogiendo sólo una parte representativa de los usuarios por investigar. Dicha selección de los elementos representativos de los estudios se hace mediante el diseño de alguna *muestra*.

Una muestra es una parte de la población que se investiga, por medio de la cual se pueden conocer las características de todo el resto. Las muestras tienen un tamaño que debe ser de terminado para cada caso. En el Anexo 1.3 se detallan los pasos requeridos para hacer un diseño muestral. En el Apéndice se explica cómo hacer un aforo y cómo realizar una encuesta.²

Aforos:

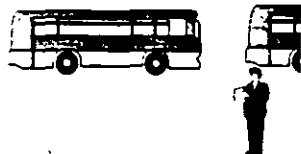
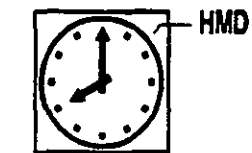
Los aforos se usan para medir el número de vehículos o de personas que acuden o pasan por un lugar.

Los *aforos* se usan para medir el número de vehículos o de personas que acuden o pasan por un lugar. Mediante aforos se llega a conocer la movilidad de vehículos y personas a lo largo de las calles. Las observaciones en varios puntos de un

¹ Los aforos destinados a establecer el comportamiento vehicular en los proyectos de obras viales son mucho más selectivos. En algunos casos —por ejemplo, en el análisis de intersecciones viales— los conteos deberán esclarecer los diferentes tipos de vehículo que transitan y los distintos movimientos que estos realizan.

² Véase: "Manual de procedimientos para trabajos de campo"

PUNTO DE AFORO



¿CUANTOS PASARON?

trazado nos dan la frecuencia de transporte en cada tramo. Además, si al mismo tiempo se toma el *índice de ocupación* de las unidades, se logrará conocer el *polígono de carga* del servicio, el cual es un indicador de la demanda. Más adelante se dan varios ejemplos de polígonos de carga.

Mediante un aforo se puede investigar cuántos autobuses pasaron por un punto entre tal y cual hora. Y si se cuentan los pasajeros aproximados que lleva cada autobús, se podrá saber cuánta gente pasó por ese punto en el mismo lapso.

Problema 1.1.

Se hizo un aforo en tres puntos de un servicio de combis; los resultados de la observación se ilustran en las cuatro primeras columnas de la Tabla 1.1.a.

Tabla 1.1.a. Resumen del aforo sobre tres puntos de una ruta de combis.

PUNTO	HORARIO	VEHICULO (num. econ)	INDICE DE OCUPACION	PASAJE ABORDO	FRECUENCIA ESTIMADA	VOLUMEN DE PASAJE
1	07:00 - 07:15	102308	100%			
		73213	80%			
		77485	100%			
		01912	100%			
	07:16 - 07:30	94401	90%			
		100349	100%			
		87302	80%			
		70854	100%			
	07:31 - 07:45	S/N	90%			
		114936	100%			
		81097	80%			
	07:46 - 08:00	79677	80%			
98730		90%				
75699		80%				
		72064	80%			

Se pide:

Establecer la frecuencia de paso y el volumen de pasajeros en cada lugar, y trazar el polígono de carga correspondiente.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Solución:

Hagamos primero los cálculos necesarios para completar los valores faltantes de la Tabla. Así, para obtener los pasajeros a bordo se multiplica el *índice de ocupación* observado, o sea el porcentaje de ocupación estimado durante la observación, por la capacidad unitaria del vehículo (10 en este caso). La *frecuencia estimada* es simplemente la suma de las lecturas efectuadas. Todos esos resultados se han impreso en la Tabla 1.1.b, remarcándolos para poder distinguirlos de los datos iniciales (*ver* en seguida).

Tabla 1.1.b. Resumen del aforo sobre tres puntos de una ruta de combis.

PUNTO	HORARIO	VEHICULO (núm. econ)	INDICE DE OCUPACION	PASAJE ABORDO	FRECUENCIA ESTIMADA	VOLUMEN DE PASAJE
1	07:00 - 07:15	102308	100%	10	4	38
		73213	80%	8		
		77485	100%	10		
		01912	100%	10		
	07:16 - 07:30	94401	90%	9	4	37
		100349	100%	10		
		87302	80%	8		
		70854	100%	10		
	07:31 - 07:45	SIN	90%	9	4	35
		114936	100%	10		
		81097	80%	8		
		79677	80%	8		
	07:46 - 08:00	98730	90%	9	3	25
75699		80%	8			
72064		80%	8			
	07:00 - 08:00				15	135

En los dos puntos restantes el proceso es igual.

2					16	185
3					12	110

Veamos cómo se hizo: el vehículo cuyo número económico es el 102308, al pasar por el punto de observación 1 iba a 100% de su capacidad, es decir, llevaba 10

pasajeros; el siguiente iba a 80% o sea, llevaba 8 pasajeros; el siguiente, otra vez iba a 100%, y lo mismo el que pasó después, etc.

Así, de las 7:00 a las 7:15 se calcularon 38 pasajeros, por medio de la suma de $10 + 8 + 10 + 10 = 38$. Las demás cifras de la tabla se calcularon igual. Si hacemos una gráfica con los resultados conseguidos, estos se verán como se muestra en el polígono de carga que aparece en la Figura 1.1.

Como es usual, el polígono de carga ilustra el esquema de la demanda a lo largo de cada tramo observado. Ahora bien, para que la información resulte completa deberá especificarse tanto el horario de las observaciones —de 7 a 8 AM en este caso—, como las unidades en las que hayan quedado registrados los datos y los resultados. De este modo, según el polígono de carga, en el tramo 1 se movieron 135 pasajeros; en el tramo 2 lo hicieron 185 pasajeros; y en el último tramo, el 3, se movieron 110 pasajeros; todo ello entre las 7 y las 8 de la mañana del día de las observaciones. Básicamente, tales valores resumen la demanda que atiende el servicio actual.

Es natural pensar que alguna fracción de la demanda no consiga ser atendida oportunamente. Si fuera el único servicio en la ruta (como ha sido supuesto) la demanda no atendida quedaría reflejada por los pasajeros que permanecieron en las paradas sin conseguir abordar. La demanda no satisfecha se mide pues separadamente, a través de aforos en los lugares de abordaje. Trataremos el tema en el siguiente ejemplo.

Problema 1.2.

Estimar la demanda que no se logró atender en el servicio anterior. Efectuar el cálculo a partir de observaciones realizadas en los puntos de abordaje a lo largo de la ruta. En la Tabla 1.1.c de la página siguiente se agrupan los resultados relativos al aforo en las paradas.

Solución:

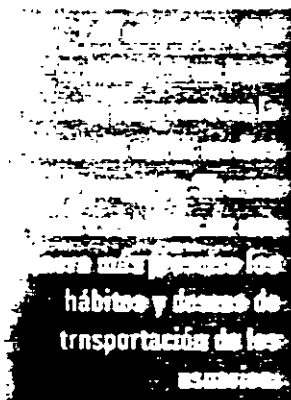
En el cuadro citado pueden constatarse los siguientes eventos. Durante la hora de observación, en el primer punto no consiguieron abordar 6 pasajeros; en el segundo sólo 3 no abordaron, y en el tercero abordaron todos; de ahí que la demanda no atendida haya sido de $6 + 3 = 9$ usuarios. Esta deberá sumarse a los valores de la demanda atendida para obtener la demanda total. El polígono de carga, ya modificado, queda con cambios leves en las cargas de los tramos 1 y 2. El tramo 3 permanece sin cambios. (ver la Figura 1.2).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Tabla 1.1.c. Resumen del aforo sobre tres puntos de una ruta de combis.

PUNTO	HORARIO	VEHICULO OBSERVADO	PLAZAS LIBRES	PASAJEROS QUE		
				ARRIBAN	ABORDAN	RESTAN
1	07:00 - 07:15	102308	0	3	0	3
		73213	2	2	2	3
		77485	0	1	0	4
	07:16 - 07:30	101912	0	4	0	8
		94401	1	2	1	9
		100349	0	3	0	12
	07:31 - 07:45	87302	2	0	2	10
		70854	0	3	0	13
		S/N	1	0	1	12
	07:46 - 08:00	114936	0	1	0	13
		81097	2	0	2	11
		79677	2	1	2	10
89730		1	0	1	9	
		75699	2	1	2	8
		72064	2	0	2	6
1	07:00 - 08:00	SUMAS	15	21	15	6
2	07:00 - 08:00	SUMAS	24	27	24	3
3	07:00 - 08:00	SUMAS	30	22	22	0

Encuestas:



Las encuestas constituyen el otro método utilizado para determinar la demanda de transporte; sirven para conocer de manera más precisa los hábitos de la transportación. A través de las encuestas se suele interrogar a los usuarios de los transportes sobre algunos tópicos necesarios para el diseño.

Una encuesta puede tener varios objetivos y varios alcances. La más tradicional de ellas es la que se conoce con el nombre de *Encuesta de Origen y Destino* o *Encuesta O-D*. Puede ser aplicada tanto en la forma de un estudio domiciliario, como bajo la modalidad de a bordo de los propios transportes, dependiendo del alcance que se le deba dar a la investigación.

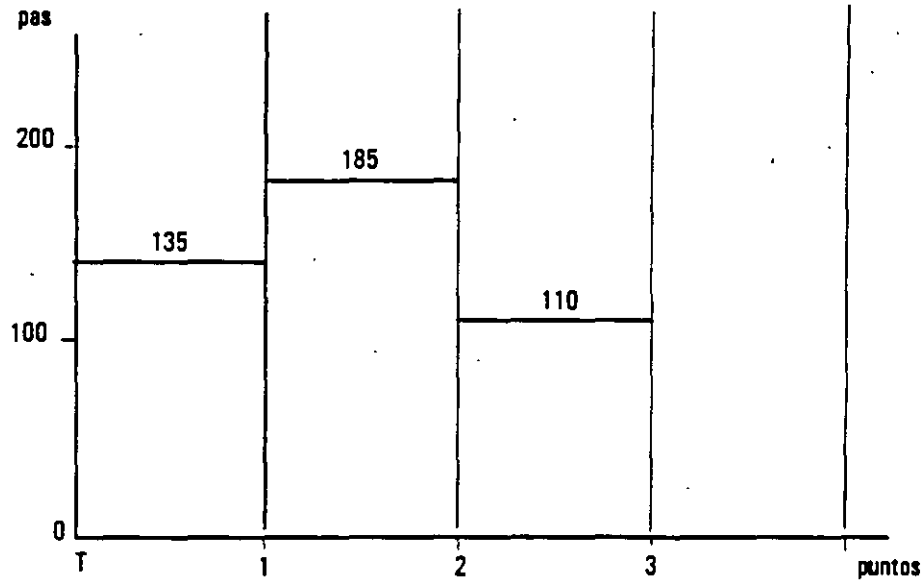


Figura 1.1. Polígono de carga original de una ruta de combis

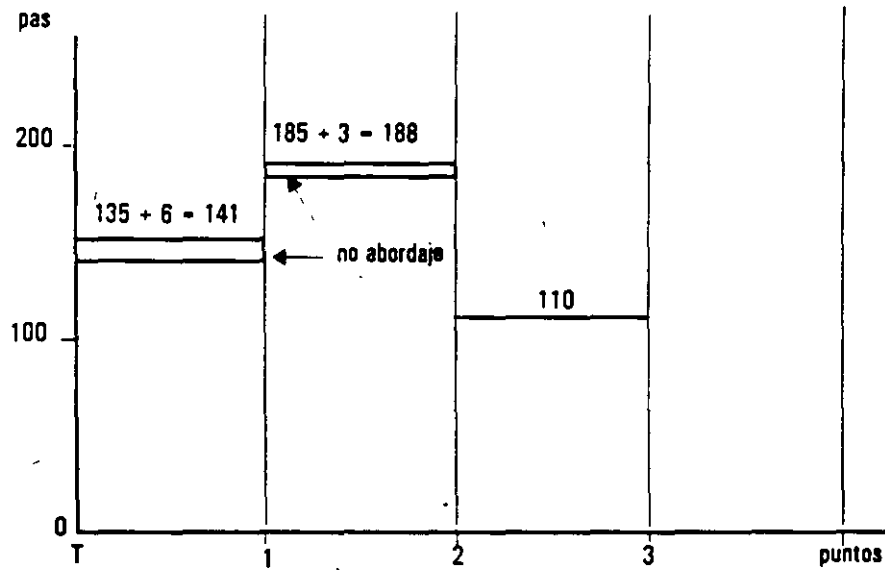


Figura 1.2. Polígono de carga modificado de una ruta de combis



Las encuestas O-D domiciliarias se estilan en los estudios de planeación de los transportes. Son de grandes dimensiones; el interrogatorio suele cubrir un considerable número de preguntas de índole socioeconómica, aparte de otras cuestiones mucho más comunes concernientes a los hábitos de la transportación. Cuando se aplica este tipo de encuestas, se hace en gran número (varios miles).

Las encuestas a bordo de los medios de transporte se hacen en una cantidad menor (sólo algunos cientos de ellas) y el interrogatorio no abarca más que unas 5 ó 6 preguntas, casi todas exclusivas de la naturaleza de los movimientos. Su finalidad y su empleo son más propios para los estudios sobre la operación de los transportes.

Como el nombre lo sugiere las encuestas O-D buscan establecer el origen y el destino de los traslados, aparte de conocer el motivo del viaje, su repetitividad o asiduidad, y la hora del día en que se producen. Además, se suele preguntar también sobre la *integración del viaje* —cómo se llegó al punto de abordaje—, la edad y la ocupación del encuestado. En el Manual del Apéndice se incluyen los modelos de cuestionario de esta clase de encuesta.

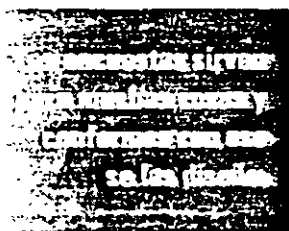
Las encuestas a bordo se hacen por muestreo, por ello deben ir acompañadas de un aforo que sirva como referencia numérica. Es decir, si se ha de encuestar a los pasajeros de uno de cada tantos vehículos, es necesario saber cuántos vehículos de esos circulaban durante el encuestamiento, de ese modo se podrá estimar la población que representaba la muestra. Un error que se comete a veces al encuestar consiste en omitir los aforos de referencia. El resultado que así se obtenga carece de valor estadístico.

Un detalle importante de los encuestamientos a bordo es la representatividad misma de la muestra en los transportes de muy baja capacidad. Si a bordo de esos vehículos no cupieran sino 9 ó 10 pasajeros, sería un error pretender hacer la encuesta durante el trayecto, ya que el espacio que ocupa el encuestador resta una fracción de la capacidad real del vehículo que puede ser significativa. La dimensión muestral se vería entonces alterada profundamente y se perdería la citada representatividad. En estos casos será siempre preferible que en vez de hacer la encuesta a bor-

do, se levante en los puntos de abordaje, tal y como se explica en el Manual de Trabajos de Campo del Apéndice.

Las encuestas son un poderoso auxiliar del técnico cuando no es suficiente la información obtenida a base de simples aforos. Con los datos que aportan las encuestas es factible configurar esquemas de demanda más completos y a la vez con mayor detalle, aunque el proceso analítico sea también más elaborado.

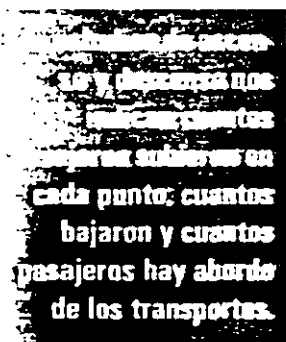
Encuestamientos varios:



Las encuestas O-D no son el único patrón de encuesta que hay. Como en cualquier estudio típico de mercado, las encuestas sirven para muchas cosas y conformes con eso se les diseña. Otro carácter que se les da muy a menudo corresponde con los aspectos que sugiere el nombre de "Encuesta de Opinión", que puede llegar a tener cierta importancia como complemento de algunos estudios de más fondo. La Tabla 1.2 del Apéndice muestra una síntesis de una encuesta de opinión, realizada en 1990 en una ciudad de la provincia mexicana.

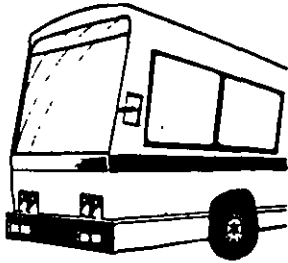
Pasemos ahora a revisar el tercer método de cuantificación de la demanda.

Ascenso y descenso:

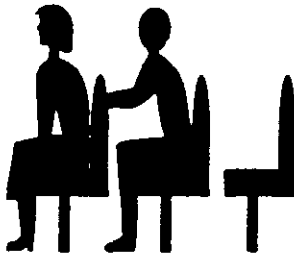


Los estudios de ascenso y descenso juegan un papel de cuantificador intermedio de la demanda. Nos indican cuántos pasajeros subieron, cuántos bajaron, y en consecuencia, cuántos permanecen a bordo. Si el conteo se efectúa en cada parada donde hubo movimiento, será posible tener la información aludida a lo largo de todo el trayecto. Es usual llamarlos "Estudios A-D".

El objetivo que persigue esta investigación queda íntimamente ligado al conocimiento que ella logra del nivel de ocupación de los vehículos. Como por lo común el estudio se hace por muestreo, deberá estar acompañado también de alguna observación de tipo referencial; es decir, de



algún aforo global que permita conocer la proporción muestreada. Su principal empleo está ligado a la operación y suele ser frecuente efectuarlo durante las horas de mayor afluencia y en el lapso de las horas de menor ocupación —hora pico y horas valle— ya que en los períodos intermedios carece de todo significado.



En ocasiones los estudios A-D se utilizan para llegar a alguna cuantificación del volumen total transportado, o bien, para conocer la demanda que hubiera en determinados lugares de parada. Ese empleo debe ser sólo marginal ya que hay mejores procedimientos para conseguir tales objetivos; los estudios A-D no son eficientes sino entre ciertos límites de manejo, perfectamente establecidos.

Para llevar al cabo los estudios A-D, se deberán colocar abordo de las unidades observadores que sean capaces de hacer las mediciones expresadas. En general, si el vehículo está provisto de dos puertas, serán necesarias dos personas, una en cada puerta, dejándose la tarea a una sola si el vehículo cuenta únicamente con una puerta o si su capacidad unitaria CU es menor de 20 pasajeros. Si la citada capacidad no rebasa los 10 pasajeros, tal y como ya se indicó, el método debe cambiarse porque el espacio que normalmente ocupa el investigador altera la capacidad disponible del vehículo (su cupo disponible), y las observaciones hechas son defectuosas. En este caso las observaciones deben realizarse desde afuera, en los puntos de parada o siguiendo al vehículo que se está estudiando.

1.2.2. Demanda en un punto

Es la demanda asociada a un lugar de ámbito reducido. Por lo general suele identificársele con los análisis de la necesidad de transporte de un entorno indiviso. Son ejemplo de ese tipo de estudio la demanda en una terminal o en un punto de parada intermedio, la demanda de una aglomeración humana de escasas dimensiones —por ejemplo, una escuela, una instalación deportiva o un aeropuerto—, o cualquier otra parte del territorio estudiado cuyas características fueran simultáneamente la indivisibilidad y la disociación con respecto al resto. Es decir, el lugar puede

aislarse del resto del territorio y que a su vez no se le puede dividir en partes. En la práctica se les conoce con el nombre de "polos de generación de viajes", y son sitios donde se producen o se atraen viajes.

La cuantificación de la intensidad de estas demandas se hace casi siempre por medio de un aforo, y sólo en ciertos casos muy especiales se recurre a alguna encuesta, ya que cuando ésta se justifica el problema cambia de índole y se le trata mejor como si fuera una fracción del mercado (ver el apartado 1.2.4).

1.2.3. Demanda a lo largo de un corredor

Es la demanda asociada a una calle o vialidad específica; se le puede identificar con la demanda de un conjunto de puntos relacionados entre sí. La demanda asociada a un corredor puede estar conformada en bloques —cuando ello es así se dice que está *fragmentada*— lo cual nos obliga a reconocer su disgregación.

Los diferentes medios de transporte tienen distintas capacidades vehiculares unitarias —CU—, horarias o diarias (para el tema propuesto hablaremos siempre de la *capacidad horaria*); y éstas a su vez dependen de la frecuencia de servicio F_0 de los propios medios: si la frecuencia es elevada la capacidad es elevada también. Esto permite la concepción de un diagrama que relaciona la frecuencia F_0 con la capacidad C —el *Diagrama F-C*—, que es muy ilustrativo y muy práctico, tal y como se muestra en la Figura 1.3.

Como puede observarse, en el Diagrama se señala la *frecuencia* en el eje de las abscisas (eje horizontal), y la *capacidad* en el eje de las ordenadas (eje vertical). En una segunda escala del mismo eje horizontal queda marcado el *intervalo de paso "i"*, medido en segundos, lo que ayuda a su interpretación. Así, para cada modo de transporte puede dibujarse una región en el Diagrama que representa el espacio donde este medio es efectivo. Aclaremos esto con alguno de los ejemplos que sugiere el Diagrama F-C.

Pongamos por caso a los autobuses (en versión de México, D.F.). Este modo de transporte puede operar según una frecuencia F_0 comprendida entre 4 y 15 veh/hr y es capaz de mover, según el índice ocupacional adoptado, entre 20 y 100 pas/veh (con este último valor se está admitiendo una

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

saturación total de las unidades). Al asociarlos con un mercado de demanda diversificada confiaríamos en que fueran capaces de satisfacer una fracción de la demanda constituida por conjuntos humanos —de al menos 20 y cuando más hasta 100 personas—, que requirieran moverse en intervalos situados dentro del rango de operación de esos vehículos.

Cualquier cambio en las necesidades de transporte que las ubicara fuera de la citada región del plano, obligaría a modificar el tipo de servicio —en ese caso habría que buscar otro medio de transporte distinto—. La argumentación es válida para todos los otros medios.

Es posible pues inscribir en el Diagrama F-C un conjunto de curvas asociadas a cada uno de los medios —curvas paramétricas—, que indiquen las capacidades horarias medidas con respecto a la frecuencia de operación. Su empleo puede resultar muy práctico. Observemos la Figura 1.3 ya indicada y veamos, con un par de ejemplos muy sencillos, qué utilidad puede prestar el Diagrama F-C.

Problema 1.3.

Una investigación realizada en un corredor de transporte muestra que la demanda global puede fraccionarse en dos grupos³, uno de ellos tiene una magnitud de 18,000 pas/hr y el otro de 2,000 pas/hr solamente. Se pregunta cuál medio de transporte debería seleccionarse en cada caso.

Solución:

Primero se deben transformar los valores de la demanda observada para hacerlos compatibles con la cifra en que está expresado el intervalo de paso, —pas/min—. Así, la demanda de 18,000 pas/hr equivale a 600 pasajeros cada 2 minutos, y la de 2,000 pas/hr a 100 pasajeros cada 3 minutos.

Colocando en el diagrama cada una de las dos cifras de la demanda; es decir, localizándolas según se señala en la Figura 1.4, se podrá constatar que en el caso de los 600 pasajeros cada 2 minutos, la demanda se puede satisfacer con el Metro, en tanto que en el caso de los 100 pasajeros cada tres minutos, la solución sería viable con un servicio de autobuses.

³ Las causas de esta segmentación de la demanda pueden ser variadas; inclusive de tipo socio-económico. Por ejemplo: para la aplicación de dos tarifas diferentes (*N del A*).

DIAGRAMA FRECUENCIA - CAPACIDAD

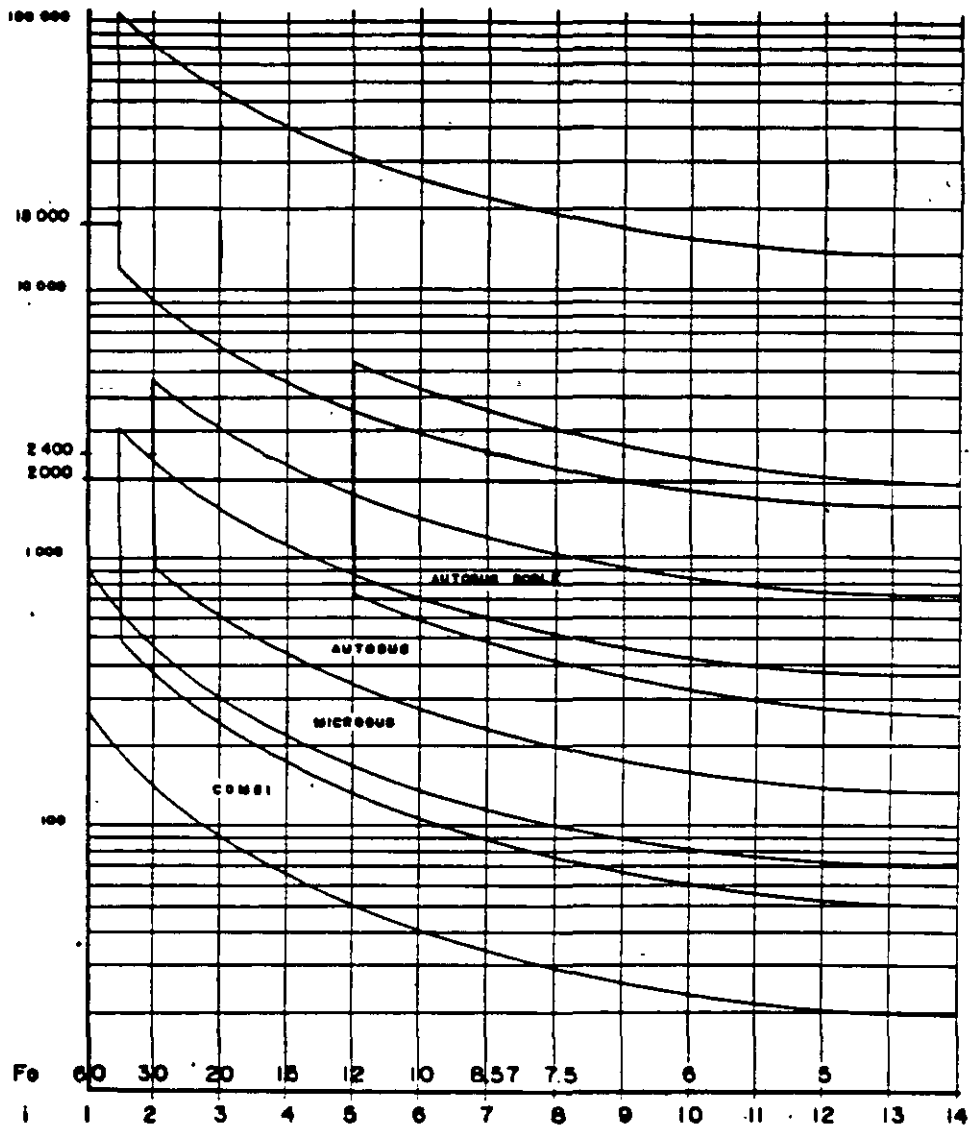


Figura 1.3. Diagrama Fo - C - Frecuencia - Capacidad

Problema 1.4.

Sobre un corredor opera un servicio de combis que se encuentra saturado. Los vehículos salen llenos de la terminal con intervalos de 1 min (HMD) y a lo largo del trayecto no logran atender la demanda estimada en 1,100 pasajeros más —o sea, la demanda no atendida es de 1,100 pasajeros/HMD—. Dado que no es posible reducir más el intervalo, se piensa substituir los vehículos por otros mayores. Se nos pregunta si dicha sustitución debiera hacerse por microbuses de 30 pasajeros o por autobuses de 70 pasajeros.

Solución:

Los vehículos actuales tienen una capacidad unitaria $CU = 10$ pasajeros y están operando a una frecuencia $F_0 = 60$ veh/hr. Ello representa 600 pas/hr. de modo que la demanda total del corredor es de $600 + 1,100 = 1,700$ pas/hr.

Para el análisis del caso podemos auxiliarnos de las curvas de capacidad horaria de la Gráfica F-C. Veamos:

Si trazamos una línea horizontal en los 1,700 pas/hr, podremos constatar que ésta no cruza la región de los micros; es más, las únicas regiones que cruza son la de los autobuses y la de las unidades dobles (ver Figura 1.4). Entonces, como puede verse, en el primer caso el problema queda resuelto manejando autobuses a una frecuencia ubicada entre 16 y 20 veh/hr y en el segundo caso —para los autobuses dobles— el rango de la frecuencia sería de 8 a 15 veh/hr. Podemos dar entonces por establecido que la solución consiste en hacer el cambio de combis por autobuses.

Continuemos con la exposición metodológica. La cuestión que se nos plantea ahora es cómo cuantificar la demanda, tal y como lo sugieren los ejemplos. Es decir, cómo se llevaría al cabo una investigación que nos indicara el número de pasajeros potenciales, y a partir de ahí calcular la frecuencia de operación, o su equivalente, el intervalo de servicio. Veamos:

La mayoría de las veces la frecuencia queda determinada por las condiciones del tránsito en la ruta, por las características del equipo rodante —sobre todo si éste se mueve o no en un derecho de vía propio—, por la cantidad de pasajeros que asciende o desciende y por el tiempo de maniobra en las terminales. (Todo esto se detalla más en el Capítulo 3).

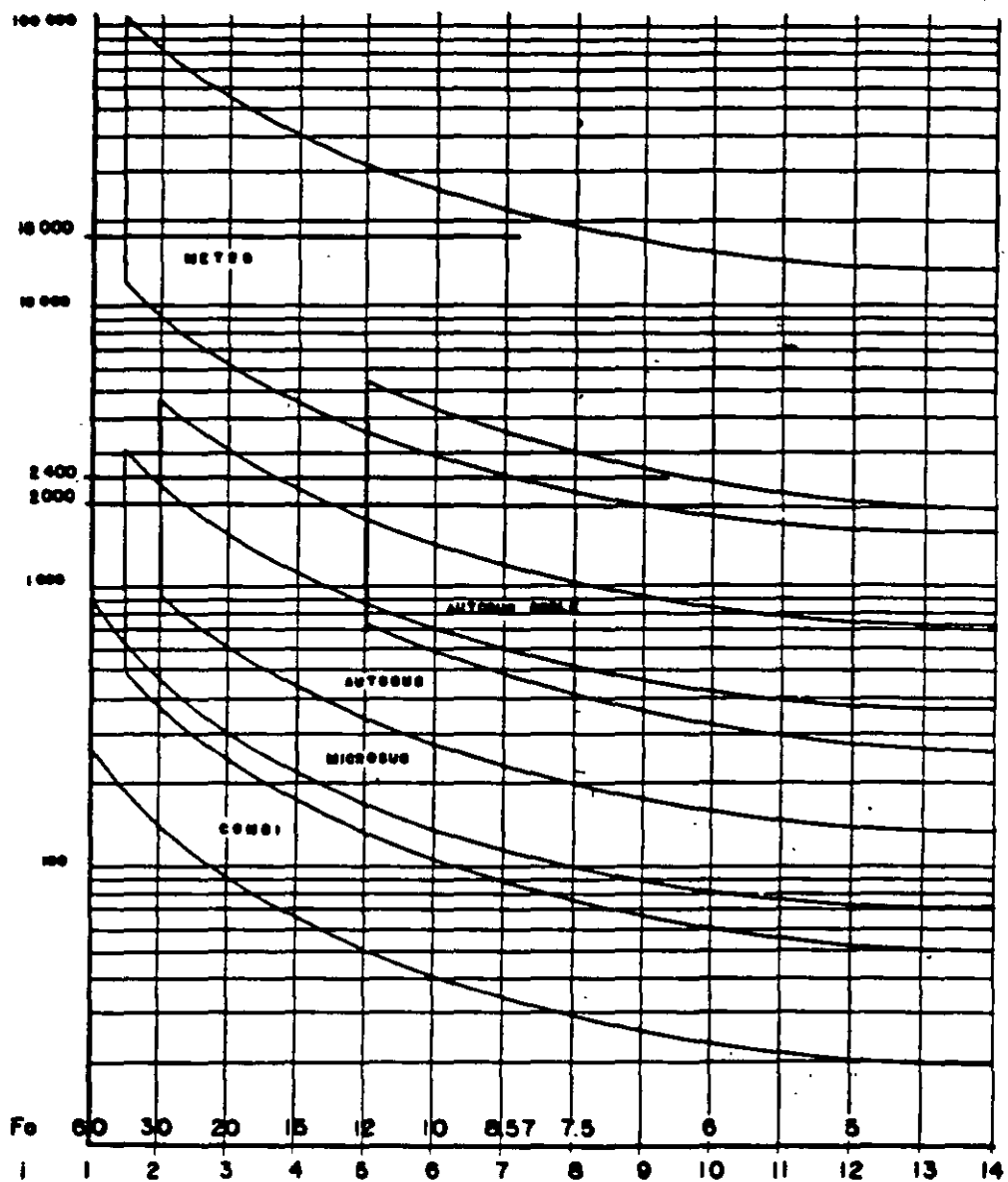


Figura 1.4. Aplicación del Diagrama Frecuencia - Capacidad

Por contra, las necesidades específicas del público en cuanto a la forma deseada de desplazamiento no siempre están bien definidas. De ahí que las investigaciones deberán orientarse a la cuantificación del volumen esperado de usuarios, para posteriormente establecer el modo adecuado de transporte. Para ello habrá que sujetarse a dos planteamientos alternos:

- a) El servicio sobre el corredor ya existe; o bien,
- b) Se trata de un servicio nuevo.

Cuando ya existe un servicio sobre la ruta —que sería el caso más frecuente— la investigación consistirá en llevar al cabo un aforo y una encuesta entre los usuarios del transporte, para medir el volumen del movimiento y verificar si todo ese volumen forma parte del mercado investigado. El encuestamiento debe hacerse tanto a bordo de los vehículos como en los puntos de ascenso y de descenso; y el interrogatorio —que no requiere ser muy extenso sino de sólo cinco o seis preguntas—, se referirá en especial a los hábitos de viaje de las personas y deberá apoyarse en una muestra diseñada para el efecto, tal y como ya fue explicado en el apartado anterior (*ver* Figura 1.5).

(El aforo sirve para medir el volumen de la demanda, y la encuesta nos informa sobre las demás características de los viajeros).

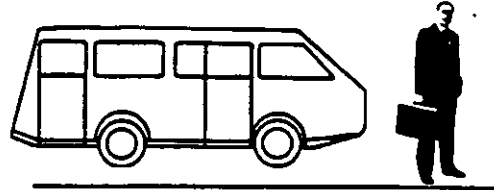
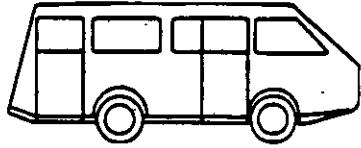
Cuando no existe transporte en el lugar, el proceso es un poco más complicado y está revestido de cierto grado de incertidumbre. Veamos pues qué habría que hacer en este segundo caso, que es representativo de los estudios de demanda típicos de un sector del mercado.

1.2.4. Demanda de un sector del mercado

No es extraño que deba cuantificarse la posible demanda de un servicio todavía inexistente. En muchas ocasiones es indispensable realizar las investigaciones desde cero hasta culminar, si ése fuera el caso, con la estipulación de todas las características de una ruta con todos sus detalles, es decir: por dónde debiera transitar, qué puntos debiera tocar, dónde quedarían sus terminales, qué tipo de vehículo se emplearía, cómo sería su operación y cuál sería la tarifa más apropiada, por ejemplo. Tal es el caso más general que puede presentarse; la cuantificación de esa demanda se ubica dentro de un ámbito específico: el de los *estudios sectoriales del mercado del transporte*.

PRIMER PASO

OBTENCIÓN DE UN AFORO



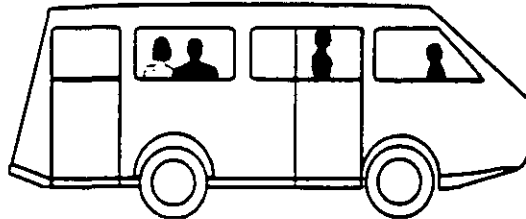
A partir del aforo se conocerá:

1. El número de vehículos que pasan durante el periodo de observación,
2. Los pasajeros que estimativamente lleva cada uno de ellos,
3. Las variaciones del movimiento a lo largo de las horas.

SEGUNDO PASO

LEVANTAMIENTO DE UNA ENCUESTA

EN LOS PUNTOS DE PARADA



La cual nos dará información sobre el Origen, el Destino y los hábitos de los usuarios.

TERCER PASO

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De ahí salen los datos para el diseño:

- Cuenca de captación,
- Tamaño probable de la demanda,
- Variación a lo largo del día,
- Tipo o perfil del usuario.



Figura 1.5. Estudio de demanda a lo largo de un corredor.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Para acometer la tarea de cuantificar tal patrón de demanda es preciso contar con una identificación preliminar del tipo de mercado que se pretende estudiar. Dicha identificación habrá de ser lo más aproximada posible en cuanto a su ubicación y su amplitud o sea, se deberá conocer i) dónde está la región, ii) qué tan extensa es y iii) cuáles polos de generación de viajes alberga, ya que solamente a partir de esos datos se podrán iniciar las investigaciones. Esto se logra ya sea a partir de una encuesta O-D llevada entre algunos de los probables usuarios, quienes informarán sobre sus deseos de movimiento, o mediante la detección física de los posibles polos de generación de viajes.

Conociendo ya los detalles del lugar, será necesario diseñar otra encuesta que informe desde y hacia dónde quieren viajar las personas, además de otros datos adicionales, tales como los motivos y los horarios de los viajes. Para ubicar apropiadamente los lugares de origen y de destino será indispensable contar con una zonificación del área de estudio; de otra manera las trayectorias de origen y destino quedarían demasiado pulverizadas. Para esto habrá que buscar un buen apoyo cartográfico (mapas de la región) y localizar en él la zona que se quiere atender.

A menudo la zonificación ya existe —distritos, zonas, colonias, etc—, por lo que sólo se requiere conocer los límites geográficos de todas las subdivisiones para poder incluir en ellas los extremos de los viajes que se efectúen en el área estudiada. De no existir alguna zonificación, habrá que crearla, ya que sólo de esa forma se podrá coherencia al esquema de movimientos. Por ejemplo, sólo con apoyo en una zonificación podrá decirse que entre la zona X y la Y ocurren "tantos" viajes, o que entre la zona X y la zona Z se presentan "tantos viajes más", lo cual es imposible de referenciar si toda el área del estudio consistiera en un solo fragmento territorial.

Los orígenes y los destinos de cada zona se deben agrupar con el objeto de representarlos más adecuadamente. La mejor forma de hacerlo consiste en referirlos a los *centros demográficos* o sean, los *centros de gravedad* de las divisiones. Los citados centros de gravedad reciben el nombre especial de "*centroides*" y cada subdivisión tendrá el suyo. Este recurso de considerar que los movimientos que se dan en una zona están supuestamente concentrados en un punto que la representa —el *centroide* de la zona— simplifica la comprensión del fenómeno de los viajes y su ilustración; a esos puntos quedará referida la información emanada de las investigaciones del origen y el destino de los viajes de las personas. La forma de representación más cono-

cida de tales viajes es una tabla o cuadro numérico llamado "matriz de origen y destino", mismo que explicaremos a continuación.

Una *matriz de origen y destino* es un cuadro numérico formado por tantos renglones como puntos de origen de viajes hayan sido identificados en la región estudiada, y asimismo, tantas columnas como puntos de destino existan en la misma. Si asumimos que hay "m" orígenes y "n" destinos en una región, su esquema de movimientos estará representado por una matriz $m \times n$ de viajes.

ORIG DEST	Destino 1	Destino 2	Destino 3	Destino 4
Origen 1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{1,4}$
Origen 2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{2,4}$
Origen 3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{3,4}$

Figura 1.6.a. Matriz de Origen y Destino (3 x 4).

En esta tabla, las X_{ij} indican viajes que se inician en i y terminan en j . Como ejemplo de aclaración veamos en la Figura 1.6.b. algunos valores numéricos:

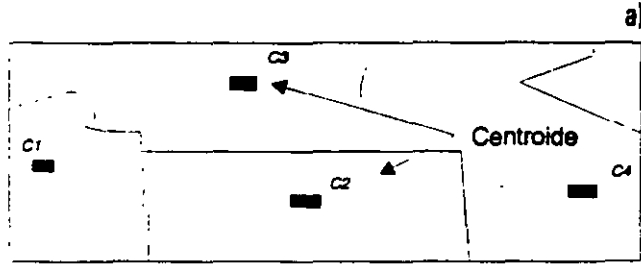
ORIG DEST	Destino 1	Destino 2	Destino 3	Destino 4
Origen 1	2	8	6	0
Origen 2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{2,4}$
Origen 3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{3,4}$

Figura 1.6.b. Distribución de los viajes con Origen en 1.

Lo anterior indica que 2 viajeros que partieron del Origen 1 se quedaron en él; 8 más tuvieron su fin en el Destino 2; 6 en el Destino 3, y de las 16 personas que partieron del Origen 1, nadie viajó hasta el Destino 4.

La *matriz O-D* o *matriz de origen-destino* es una de las dos maneras en que puede representarse el esquema de movimientos de una región. La otra consiste en unos diagramas de líneas basados en la propia matriz de origen y destino; se conocen con el nombre de diagramas de "líneas de deseo" de la población que viaja. Aunque permiten comprender rápidamente el esquema del movimiento de un área, no son susceptibles de mayor uso práctico, por ello únicamente se les maneja con fines ilustrativos; la Figura 1.7.b muestra un diagrama de este tipo, esquematizado a partir de una matriz O-D semejante a la anterior.

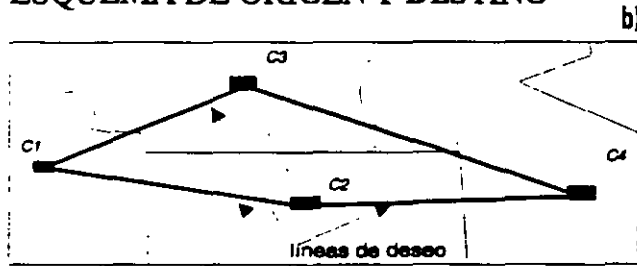
ZONIFICACIÓN



a) Para cuantificar la demanda de un sector de mercado conviene partir de una zonificación.

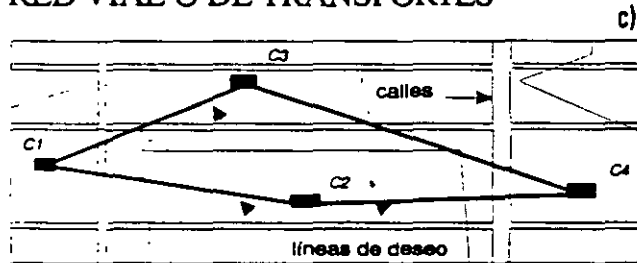
En muchas ocasiones este tipo de zonificación ya existe.

ESQUEMA DE ORIGEN Y DESTINO



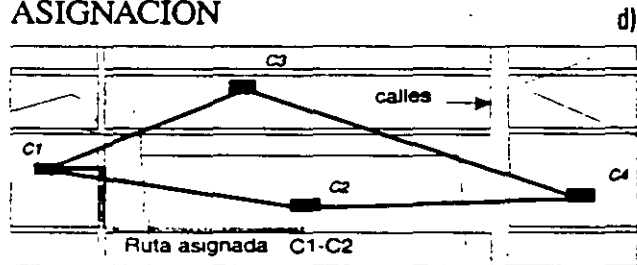
b) Con base en la zonificación se realiza una encuesta de donde se deducen los Orígenes y los Destinos de los viajeros, mismos que se representan mediante el diagrama de Líneas de Deseo.

RED VIAL O DE TRANSPORTES



c) La red vial o de transportes de la región servirá para darle sentido a los movimientos. Esto se hará por medio de un proceso que "inserta" en las calles los traslados teóricos ilustrados por las Líneas de Deseo

ASIGNACIÓN



d) El proceso de asignación consiste en adaptar a las calles las Líneas de Deseo. Ello se consigue a través de alguno de los métodos diseñados para el efecto (ver p 23 y siguientes).

Figura 1.7 Estudio de demanda en un sector de mercado

La construcción del diagrama de líneas de deseo es bastante sencilla, basta con dibujar sobre un plano de la zonificación, aquel conjunto de líneas rectas que unan los puntos de origen con los puntos de destino de los viajes, poniendo cuidado en que el grosor de cada línea tenga alguna relación de escala con el volumen de movimientos asociado a ella.

1.2.4.1. Proceso de asignación de los movimientos.

La matriz O-D nos da una idea bastante aproximada del esquema global de la demanda, pero sólo casualmente nos orienta sobre cómo atenderla. La maraña de trayectorias que transcriben las líneas de deseo tampoco permite deducir con claridad los caminos para el transporte; solamente se muestran los sesgos o las tendencias de los traslados. Es necesario entonces, dar a esa información algún asidero territorial; es decir, ligarla al ámbito geográfico o al sistema local de comunicaciones, sea éste la red vial o sea el sistema de transporte. En el vocabulario técnico, a este proceso se le conoce con el nombre de "*asignación de viajes o asignación de movimientos*".

Los *métodos de asignación* lo que hacen es transformar las líneas de deseo (al menos algunas de las más importantes) en trayectos sobre la vía pública. Aquí describiremos muy brevemente tres de ellos: el *Procedimiento intuitivo*, el *Método de líneas de tendencia* o de "*directrices baricéntricas*" y el *Método de optimización paramétrica*.

Procedimiento intuitivo. Esta metodología es la más rudimentaria y asimismo la más antigua de todas; viene de una época en que el proceso de asignación se consideraba más un arte que una técnica. Consiste en sobreponer los esquemas de las líneas de deseo a las calles de la red vial y, gráficamente y de manera intuitiva, ir transformando las trayectorias aéreas en recorridos sobre las calles; todas las definiciones y todas las restricciones implicadas en el proceso se manejan subjetivamente. El resultado obedece totalmente al criterio intuitivo del proyectista; quien lo utilice debe conocer perfectamente la región estudiada.

El empleo del método intuitivo no es tan trivial como parece. Resulta muy recomendable en aglomeraciones o regiones pequeñas, o cuando sólo hay un número reducido de opciones de trayecto.⁴

⁴ En México fue utilizado con éxito en dos ciudades de la provincia: Monterrey en 1967 y León en 1976. (V del A).

Método de líneas de tendencia. Fue dado a conocer en Italia con el nombre de *Método de directrices baricéntricas*, en el libro de Giorgio Boaga⁵ se describe prolijamente el concepto. Este procedimiento racionaliza ciertas ideas muy antiguas sobre el mismo tema, bastante socorridas en una época en que no se contaba aún con el recurso de los modernos algoritmos de asignación.

Con este método se parte también de las líneas de deseo de los viajes, que van siendo aplicadas sucesivamente a la vía pública, conformes con ciertas reglas, y transformándolas en las trayectorias de las tendencias de movimiento, o sean, *las directrices baricéntricas*. Veamos qué dice el texto citado.

«La transformación de las *líneas preferentes* (líneas de deseo o líneas O-D) en *líneas de tendencia* se hace siguiendo varias reglas o criterios que se exponen a continuación:

- «a) Las líneas de tendencia se originan en los polos de origen y destino en los que concurren haces o grupos de líneas de deseo.
- «b) Cada línea de tendencia es la línea quebrada resultante de un haz de líneas de deseo, determinada mediante una suma vectorial [de líneas de deseo].
- «c) Cada línea de tendencia se origina en un haz de líneas de deseo que queden abarcadas dentro de un ángulo comprendido entre 30° y 45° . Sólo en casos excepcionales pudieran aceptarse haces con ángulos mayores de 45° , pero nunca dentro de ángulos superiores a 60° .» (Hasta aquí el texto de Boaga).
- d) La trayectoria y los nodos de modificación de trayectorias, determinados por el trazo de las líneas de tendencia, deben quedar ubicados sobre puntos de la vía pública.⁶

En la Figura 1.8 se reproduce un proceso muy sencillo de deducción de líneas de tendencia. En ella las líneas delgadas son las líneas de deseo y las más gruesas son las líneas de tendencia.

Como se infiere del propio texto de Boaga, se trata de un método gráfico.

⁵ Giorgio Boaga. *Disegno di Strade. Fondamenti di Metodologia Metaprogettuales*. Of. Ediz. Roma. 1972.

⁶ Este inciso "d" se agregó al texto de Giorgio Boaga, en beneficio de una mayor claridad. (N del A).

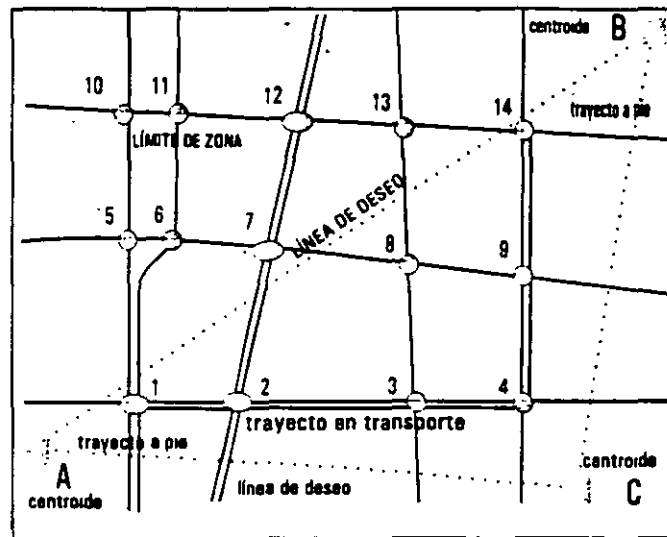


Figura 1.8. Aplicación del algoritmo de Boaga

Hay una alternativa numérica de este método. Es una metodología práctica y bastante confiable, aunque no deja totalmente de lado el aspecto subjetivo. Vale la pena comentarla ya que en ciertos casos puede resultar ventajosa: el *Procedimiento de Yucatán*.⁷

Procedimiento de Yucatán

En el Procedimiento de Yucatán la trayectoria ideal —la línea de deseo que une el origen con el destino del viaje— se adapta primero a las calles más próximas o más obvias, utilizando el método de Boaga de las líneas de tendencia. Después, se procede a introducir en la ruta básica así encontrada algunas desviaciones de índole local, para aproximar el derrotero a los polos generadores (ver apartado 1.2.2) que se ubiquen en su vecindad. Con todo esto se pretende conseguir una mayor captación sin propiciar un incremento exagerado de la longitud del recorrido. El proceso se hace por ensayos y la solución se obtiene cuando la *captación específica CE* calculada sea la mayor. La CE se calcula como la relación que hay entre los pasajeros transportados y la distancia recorrida. Así:

⁷ Se desarrolló como parte de un proyecto de reestructuración de rutas en Mérida, Yucatán, Méx. (1977). Por este motivo al proceso se le ha adjudicado el nombre de "*Procedimiento de Yucatán*" (N del A).

$$CE = \frac{\text{Pasajeros}}{Lr} \quad (\text{ecuación 1.1})$$

Los polos generadores de viajes son de dos tipos. Unos que, además de ser el origen o el destino principales, forman parte de otras líneas de deseo asociadas a ellos (es decir, cuando el origen o el destino que representan son parte de alguna otra conexión O-D vecina) o bien, son polos de una importancia menor, identificados en forma separada, e independientes o adicionales a los polos extremos —de origen o de destino—, de la línea de deseo que se estuviera analizando. Todo esto quedará más claro a través del ejemplo de la Figura 1.8.

El Procedimiento de Yucatán resulta adecuado para resolver casos sencillos de asignación. La mayoría de las reestructuraciones de rutas caen dentro del tipo de aplicaciones de este método.

Por ejemplo. Con frecuencia es necesario reconsiderar el trazado de alguna ruta debido a su falta de apego con un nuevo esquema de demanda y, en vez de resolver el problema de manera intuitiva o únicamente gráfica, o mediante una simple reconfiguración de las paradas, el empleo de un método de asignación simple, como el Procedimiento de Yucatán, es altamente provechoso.

Método de optimización paramétrica. Mientras que los métodos anteriores son de índole analógica, el *método de optimización paramétrica* es numérico, lo que lo hace al mismo tiempo mucho más objetivo y confiable aunque más complejo. Como lo sugiere el concepto, la asignación se realiza mediante un *mecanismo de optimización* de cierto(s) parámetro(s). Conviene entonces, y antes de entrar en materia, explicar qué se debe entender por *optimización*, y cuál(es) parámetro(s) se supondría(n) sujeto(s) a tal tratamiento.

Optimizar consiste en buscar el mejor valor de algunas cosas. En tratándose de optimizar parámetros, consistiría obviamente en buscar el mejor valor de cierto(s) parámetro(s). Por otra parte, el concepto de *parámetro* se refiere a aquellos valores numéricos —cifras de una actividad o procedimiento—, considerados *constantes* dentro de cierto rango de aplicación.

Concluyendo: por definición, el procedimiento citado consiste en identificar los valores que deberán adoptar determinados elementos numéricos,

destinados a establecer los caminos más lógicos por donde habrán de desplazarse los flujos de viajeros.

La cuestión estriba en definir cuáles rutas han de seguir los viajes que en el esquema de líneas de deseo o en las matrices O-D aparecen como trayectorias rectilíneas disociadas de la vialidad. Pues bien, para responder a esa pregunta es necesario argumentar, con base en la lógica, cómo razonará un usuario para seleccionar una ruta que satisfaga su necesidad de viajar. Es decir: si un viajero típico desea ir de un punto A a un punto B, cómo escogería su camino.

Expliquémoslo mejor asociando las definiciones a un caso hipotético.

Si el viajero tuviera todas las alternativas a su alcance, sin duda seleccionaría aquella ruta que le representara, simultáneamente, un menor tiempo, un menor costo, menos distancia y menos incomodidad. Tal conjunto de elementos: tiempo, costo, distancia y confort son los *parámetros* que deben considerarse en el análisis. Entonces, los conceptos de "*mayor que*" o "*menor que*" implican en sí un caso de optimización. O sea, al optimizar los viajes estos se harán por aquellas rutas que signifiquen un menor tiempo, o bien, un menor costo.

Aunque en teoría sería perfectamente posible optimizar varios parámetros en forma simultánea —digamos, tiempo y distancia a la vez—, en muchas ocasiones de la práctica existen contrasentidos o contraindicaciones. Por ejemplo, al tratar de optimizar a la vez costo y confort, o costo y tiempo, obligadamente se cae en contraposiciones: un elevado confort no es compatible con un costo reducido, ni un transporte rápido lo es con un transporte barato. De ahí la conveniencia de hacer una selección cuidadosa de los parámetros susceptibles de ser optimizados en un momento dado.

Por lo general se suelen adoptar dos, o tres a lo sumo, y los más frecuentes son, en orden de mayor a menor importancia: el tiempo y el costo; juntos de ser posible. Desde luego la seguridad y la comodidad no se descartan, pero en los análisis de optimización se acostumbra situarlas en otro nivel analítico con respecto a los anteriores. Pasemos entonces a analizar a título descriptivo cómo se podría realizar una asignación basada en la optimización del tiempo o de la longitud de viaje (en muchos casos a la distancia se le maneja como una función del tiempo, por ello ambos planteamientos son equivalentes).

Se parte de la hipótesis de que cualquier viaje entre A y B —o entre "i" y "j", para decirlo mejor— habrá de efectuarse por el camino que implique el menor tiempo de trayecto o bien la menor distancia. Bajo esa hipótesis, al hacer los análisis, en cada etapa del viaje se optará por proseguir por aquel trayecto que consiga dicho propósito: un menor tiempo o una menor distancia de recorrido.

El método consistirá entonces en ir, paso a paso, verificando las trayectorias parciales del viaje y seleccionando de entre cada grupo de opciones alternas, aquella cuya suma de tiempos sea menor. Este análisis no es necesariamente difícil, en cambio sí es sumamente lento, a menos que se cuente con algunas herramientas que faciliten la tarea; esto es, el uso de computadoras electrónicas equipadas con "programas" —*software*— apropiados.

Los programas en cuestión se ocupan, primero, de encontrar la ruta o camino óptimo y, segundo, de asignar a cada uno de los tramos o arcos de dicha ruta, el volumen de movimiento que le corresponda de acuerdo con los esquemas de O-D. En la Figura 1.9 (ver el Anexo 1.1) se representa un caso hipotético de obtención de una ruta óptima, correspondiente al planteamiento del Problema 1.5 alusivo que se enuncia en seguida.

Problema 1.5.

Búsqueda de una ruta óptima mediante el uso de un procedimiento clásico —el algoritmo de Moore—. Ver el Anexo 1.1.

Una vez encontrada la ruta óptima que conectara los dos puntos A y B, se da por sentado que todo el volumen de movimiento existente entre ambos puntos se desplaza por dicha trayectoria y, consecuentemente, tal volumen transita por cada uno de los segmentos o *arcos* que forman la ruta. Los arcos así cargados constituyen tramos del *polígono de carga* del trayecto, del todo similares a aquellos que se obtienen directamente a partir de los aforos (véanse las Figuras 1.1 y 1.2 p 9). De este modo, y sin subjetividades, queda identificada la demanda de los corredores de transporte, a partir del proceso de asignación.

1.2.5. Demanda en un conjunto de rutas

En las descripciones anteriores se ha dado por descontado que se habla de un esquema de demanda susceptible de ser atendido o satisfecho por

una ruta de transporte; y cuando se aludió a varias rutas quedó implícitamente aceptado que cada una debía resolver por sí misma alguna línea de deseo. Esto es cierto al tratar con los servicios de transporte de ruta fija, como es el caso de los autobuses, de los "colectivos", del Metro, etc. Sin embargo, si la demanda no estuviera asociada con trayectorias específicas únicas, el problema de la asignación de servicios adquiere un carácter mucho más general que merece un comentario por separado. Tales son los casos de los servicios de taxis desde bases fijas (*sitios de taxis*), o el de algún servicio de transporte escolar, o el de un servicio *sobre pedido* (en inglés, "dial-a-ride"). Veamos:

Por principio de cuentas hay que suponer que existe ya algún esquema de demanda reconocible. Este habría sido obtenido anticipadamente a través de los medios usuales ya descritos (encuestas O-D entre los usuarios potenciales). A partir de ese momento el método a seguir dependerá de cada caso, por ello conviene más describirlo a base de ejemplos típicos específicos. Ahora bien, el detalle de tales explicaciones cae fuera del alcance del presente capítulo, consecuentemente, se difiere su exposición hasta haberse alcanzado un mayor avance en los temas de la operación; se le tratará al estudiar **LA OPERACIÓN III** en el Capítulo 4.

1.3. Las variaciones de la demanda

La demanda de transporte en cierto lugar —en un punto— o una zona cualquiera de concentración humana no es constante. Observa oscilaciones de uno a otro momento que a menudo son importantes. Piénsese si no en lo que ocurre en cualquier lugar de parada: de las 7 a las 10 de la mañana se pueden llegar a presentar diariamente aglomeraciones humanas desusadas, o inconcebibles a otra hora del día (a las 11 de la noche, por ejemplo). Asimismo, podrá notarse que en domingo o en época de vacaciones, la ocupación de los transportes cambia radicalmente. Todo ello se ajusta a una misma fenomenología: las bien conocidas *variaciones periódicas de la demanda*.

Aunque los patrones de la demanda cambian de una ciudad a otra, hay ciertos tipos de variaciones que se han podido identificar, y que, a pesar de presentar diferencias de uno a otro lugar, éstas son de grado y no de fondo; el patrón sigue siendo casi el mismo, con leves cambios de intensidad en la demanda.

Hay tres tipos de variación de la demanda, reconocidos y aceptados incluso internacionalmente:

- 1) La variación horaria;
- 2) La variación diaria semanal y
- 3) Las variaciones estacionales.

Una de las ventajas de establecer estos patrones de variación de la demanda consiste en la posibilidad de reconstruir el patrón completo —cualquiera de ellos— partiendo de observaciones parciales. Es decir, si conociéramos la forma que tiene cierto patrón, la cuantificación de algunas de sus medidas parciales nos permitiría deducir las restantes. Así, midiendo la demanda real de las 7:00 a las 10:00 hr, podremos inferir, por asociación con algún patrón conocido, el resto de la demanda del día. Esta peculiaridad es de gran valor cuando se intenta conocer las variaciones de la demanda y sólo se dispone de un presupuesto reducido que obliga a hacer mediciones limitadas.

1.3.1. Variación horaria de la demanda

El concepto de *variación horaria de la demanda* alude a los cambios que presenta la demanda a lo largo de la jornada. Como se dijo antes, la demanda no es la misma a las 7 AM, que a las 11 AM ó a las 4 PM. En general la demanda presenta alzas agudas en ciertas horas y bajas pronunciadas en otras; la razón de ello estriba en los hábitos laborales y sociales de la población. Por ejemplo, entre las 7:30 hr y las 8:30 hr la mayor parte de la fuerza laboral se traslada a sus trabajos, ocasionando un fuerte repunte de la demanda. Es muy conocido el concepto de "*hora punta*" u "*hora pico*" con que se designa a tal período del día; corresponde con la hora de mayor afluencia de pasaje a los servicios ordinarios. Se trata de la Hora de Máxima Demanda, abreviada HMD.

Antes de esa hora y después de ella la intensidad de la demanda es menor, presentándose así un ciclo diario que parte casi de cero, generalmente en las horas de la madrugada, y va ascendiendo a lo largo del día hasta alcanzar un máximo alrededor de las 8 hr, y descendiendo después hasta que, al filo de las 12 hr, se presenta un anticlímax que se conoce como "*hora-valle*". El resto de la jornada puede presentarse de distintas maneras, dependiendo del tipo y tamaño de la ciudad. Aun así, es frecuente encontrar una nueva punta, menos aguda que la matutina, al término de la tarde. En la Figura 1.10 pueden verse varios diagramas de variación horaria. El caso (a) es el de una ciudad grande, básicamente de

tipo americano, donde sus pobladores trabajan jornada corrida sin ir a su domicilio al medio día. El caso (b) corresponde a una ciudad cuya población suele comer en casa e inclusive, el comercio organizado cierra.

El conocimiento del patrón de variación horaria de la región que se estudia es de suma importancia. En primer lugar, todos los análisis de la operación deben hacerse justamente para la Hora de Máxima Demanda —HMD— u “hora punta” y consecuentemente con ello, los programas de operación deberán prever los cambios en las frecuencias de servicio, necesarios para adecuar la oferta a la demanda durante el resto del día. Mirando los patrones de variación horaria resulta evidente que es ilógico mantener el intervalo de salida —o como mejor debe entenderse, la frecuencia de servicio—, constante toda la jornada.

Problema 1.6.

Se cuenta con un esquema de variación horaria conocido y se busca actualizarlo mediante observaciones parciales —de las 7 a las 10 AM—. Se pregunta cómo sería el nuevo patrón, una vez ajustado a las condiciones del presente. En la gráfica de la Figura 1.10.b se muestra el patrón anterior, y en la Tabla que sigue se dan los valores del movimiento actual, tomado en el horario de las 7 a las 10 AM.

HORARIO	FRECUENCIA OBSERVADA	PASAJEROS TRANSPORTADOS
7 a 8	39 veh	740
(*) 8 a 9	41 veh	1,060
9 a 10	38 veh	630

Solución:

Los valores de la tabla permiten la actualización del esquema de variación horaria mostrado en la gráfica de la Figura 1.10.b y la detección de la HMD. Para proceder con la adecuación lo primero que debe hacerse es convertir las cantidades del patrón vigente en cifras de naturaleza porcentual; es decir, establecer la proporción de cada cifra con respecto a la media del día $\mu = 384$ pas/hora. Los valores se presentan de manera resaltada en el cuadro de la página 33.

FRECUENCIA Y NIVEL DE OCUPACIÓN

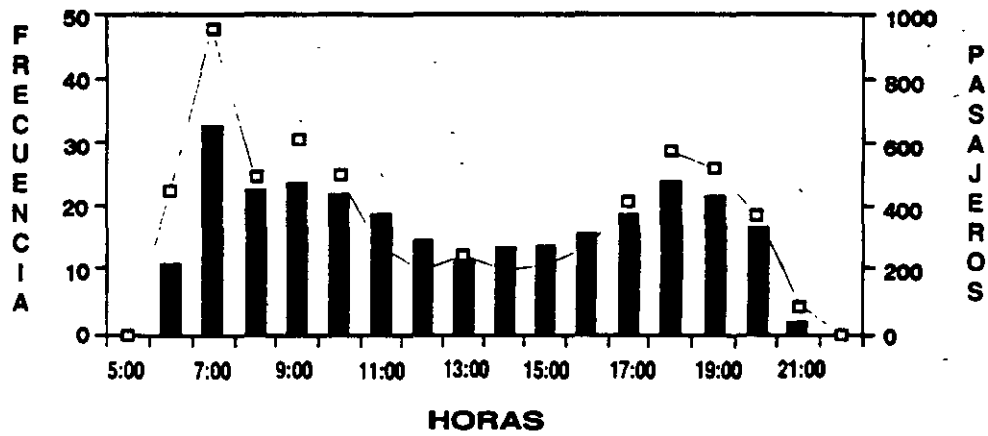


Figura 1.10.a. Variación horaria en un área metropolitana

FRECUENCIA Y NIVEL DE OCUPACIÓN

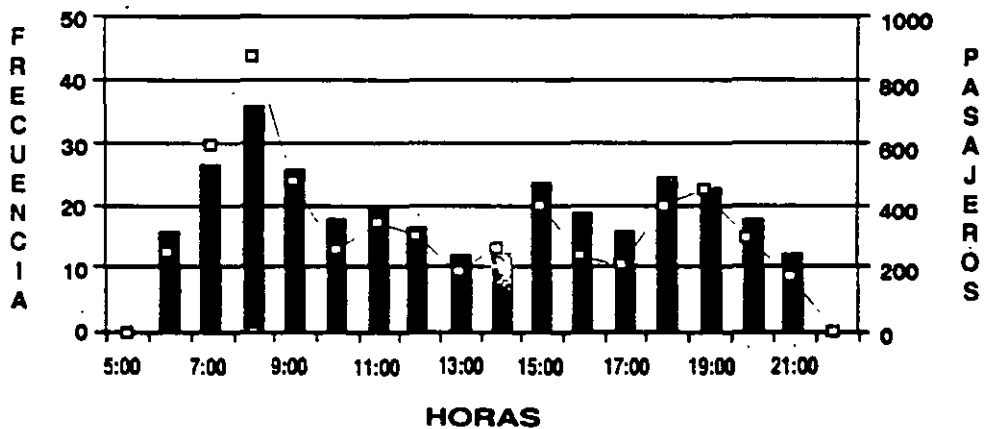


Figura 1.10.b. Variación horaria en una ciudad media de la provincia

HORARIO	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
Pas actual	245	610	920	500	300	380	320	210	260	410	235	215	405	440	305
Factor m	0.64	1.59	2.40	1.58	0.78	1.00	0.83	0.55	0.68	1.07	0.61	0.58	1.08	1.15	0.70
Pas nuevo	282	740	1060	630	345	438	369	242	300	472	271	248	467	507	351
Factor Fo	1.15	1.14	1.15	1.28	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15

A continuación se asocian las nuevas cifras de 7 a 10 AM para lograr estimar el resto. Así: la frecuencia de 8 a 9, que es de 1,060 pas, representa 115% del mismo horario según la gráfica. Ese será el valor guía por tratarse del valor de la HMD. Los otros dos valores: 740, de 7 a 8 y 630, de 9 a 10, sirven de verificación para constatar si el patrón ha sufrido o no alteraciones sensibles. En este caso tenemos:

A partir del valor de la HMD y según el patrón básico, de 8 a 9 AM debería haberse presentado una afluencia de 920 pas, la cual, al compararla con la nueva cifra medida, presenta una desproporción de 1.15. Se estima que ése fue el crecimiento ocurrido en las cifras del día, y de acuerdo con él se ajusta el resto (último renglón).

1.3.2. Variación diaria semanal

Similarmente al caso anterior, la demanda del día no es igual entre semana que en sábado o en domingo. Inclusive, no es igual en martes que en jueves o en viernes. A lo largo de la semana es predecible una variación que puede mostrar dos o tres máximos, además de un mínimo —casi siempre el domingo, excepto en los servicios orientados a actividades de fin de semana—. En los proyectos es común manejar un día que represente a todos los demás. No siempre se logra; a menudo lo que se usa es el concepto de *demanda media diaria*, con respecto a la cual se relaciona porcentualmente cada una de las restantes demandas del día. La Figura 1.11 muestra un diagrama de variación diaria semanal típico, con la indicación de la demanda media diaria.

La utilidad de este patrón es también evidente. Los proyectos de operación se elaboran para el día típico, y para cada día de la semana se efectúan ajustes apoyados en las relaciones porcentuales que muestre el patrón.

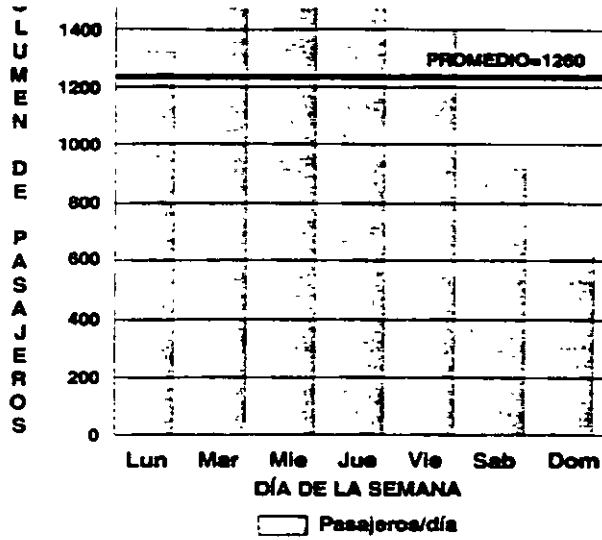


Figura 1.11. Curva de variación diaria semanal de la demanda

VARIACION MENSUAL

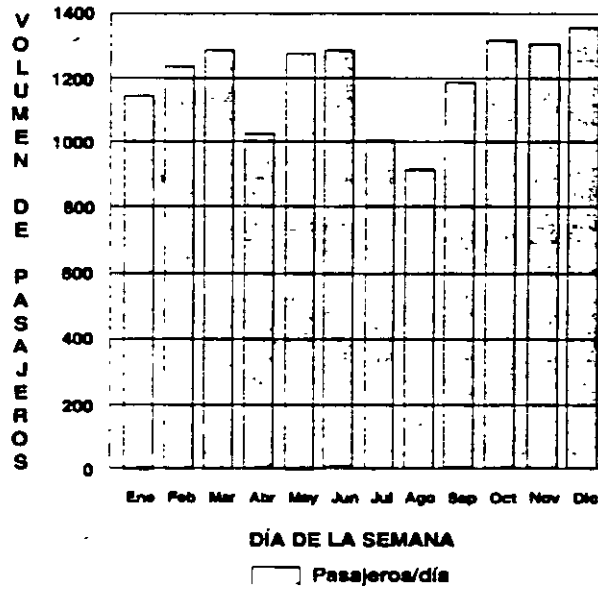


Figura 1.12. Curva de variación estacional de la demanda

1.3.3. Variaciones estacionales

Las variaciones estacionales obedecen al hecho de que a lo largo del año se suceden ciertos eventos que alteran la actividad urbana y repercuten en la operación de los transportes. Entre lo más sobresaliente se encuentran los períodos vacacionales o de asueto de todo tipo, y los ciclos de festividades masivas, religiosas o políticas. Estas son veces en que la actividad normal se interrumpe durante semanas, modificándose consecuentemente los patrones de demanda. En esos casos la curva de variación de la demanda puede cambiar de una ciudad a otra, pero aun así, su forma es como la mostrada en la Figura 1.12. Los ajustes que se requieran en los servicios se calcularán a partir de resultados de observaciones directas, sin pretender asociarlos con las fechas normales. O sea, habrá que diseñar especialmente para esos días, máxime que entre los servicios extraordinarios pueden ubicarse también los traslados a los lugares de recreo o de concentración humana, que son muy particulares de cada lugar.

Ratificando lo expresado al principio del capítulo, el manejo del concepto de demanda implica un considerable conocimiento de las condiciones en que ésta haya sido medida y del empleo que vaya a darse a las cifras estimadas. Más que la precisión en sí de los valores con que ha de diseñarse la operación, lo que importa es que hayan sido conseguidos en el correcto contexto del estudio.

ANEXO 1.1

Obtención de una ruta óptima mediante el Algoritmo de Moore

La búsqueda de la trayectoria mínima entre dos puntos – digamos, entre el punto **A** y el **B** (ver la Figura I)– se realiza mediante sucesivos ensayos de las sumas que resultan al probar trayectos alternos.

Así, partiendo de **A** se tienen tres opciones para acceder a la retícula vial, con 1.4, 1.5 y 1.5 unidades. De entre ellas la menor se aleja de la ubicación del destino buscado. Las otras dos, cuyas intersecciones con la red están marcadas con las letras **a** y **b**, conservan iguales medidas.

Al proseguir las trayectorias desde los puntos citados, se puede acceder a los puntos **c** y **d**, respectivamente. En tales puntos las distancias que se acumulan son 2.9 y 2.0. Con la particularidad de esta última de que sólo le restan 2.0 unidades para llegar al punto **B** buscado.

Luego entonces, la mejor trayectoria resulta ser precisamente la que dan los puntos **A - b - d - B**, como está marcado en la Figura II.

Esto se ve con bastante claridad en el acercamiento de la Figura III.

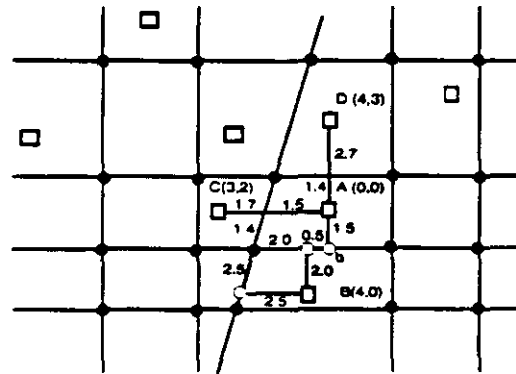


Figura I

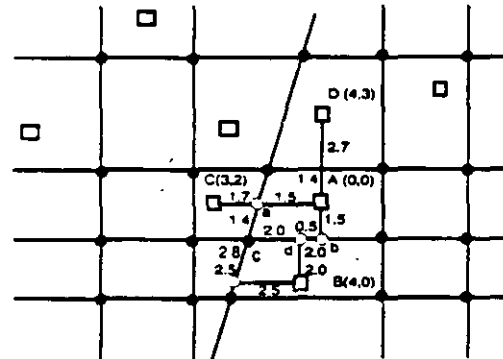


Figura II

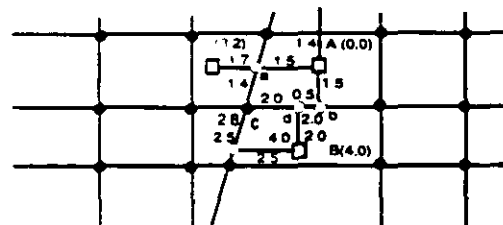


Figura III

ANEXO 1.2

ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE UNA RUTA

Problema 1.7

Establecer las características de la demanda de transporte del corredor San Juan de Aragón - Calzada de las Armas. Describir los trabajos de investigación requeridos y los resultados alcanzados a través de ellos, de manera que resulten útiles para llevar al cabo el diseño del servicio.

Antecedente

El corredor San Juan de Aragón - Calzada de las Armas se aloja en la arteria vial denominada Eje 5 Norte. Esta vía se ubica al norte de la Ciudad de México y corre de Oriente a Poniente a lo largo de varias calles y avenidas. Es una de las principales arterias de la ciudad y conducto obligado para el movimiento de personas. Por mucho tiempo se ha pensado que podría ser un excelente candidato para la inclusión de carriles exclusivos de transporte (ver la Figura 1.14).

Solución

CORREDOR ARAGON - ARMAS
ESTUDIO DE DEMANDA

Introducción

A mediados de 1990 se llevaron al cabo varios trabajos orientados a la determinación de la demanda global de transporte de pasajeros en el corredor San Juan de Aragón - Calzada de las Armas y a la definición de los parámetros de servicio correspondientes.

Los trabajos alusivos consistieron en lo siguiente:

- a. Levantamiento del inventario de los servicios existentes.
- b. Toma de un aforo general de movimientos en cuatro puntos seleccionados.
- c. Observaciones de ascenso y descenso de pasaje a los vehículos, a partir de una muestra estadística.
- d. Análisis de las cifras producto de las observaciones, con fines de diagnóstico y cuantificación del sector de mercado susceptible de ser atendido.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Sumario de los resultados de las observaciones.

En torno a lo observado se tienen las siguientes puntualizaciones:

1) Hay un número importante de oferentes, amparados con concesiones del ámbito local (Distrito Federal), estatal (concesionarios del Estado de México) y Federal (portadores de placas federales).

2) No obstante, el sustancial incremento en la cifra de la demanda del corredor lleva a pensar en la conveniencia de establecer un servicio de mayor eficiencia operativa; esto es, que aporte mejores condiciones de regularidad y menores tiempos de trayecto.

Análisis de las expectativas

Las expectativas de incremento de la oferta de transporte en el corredor Aragón - Armas se basó en la presencia de servicios sobrecargados y en la repetida afirmación de que los vehículos de menor capacidad —los microbuses— deberán ser substituidos por unidades mayores. Así pues, en el estudio se buscó cuál sería la oferta adicional que produjera una recomposición de la demanda, bajo el criterio de una reducción de la sobrecarga existente con servicios de mayor rendimiento. El trabajo se diseñó conforme al siguiente esquema:

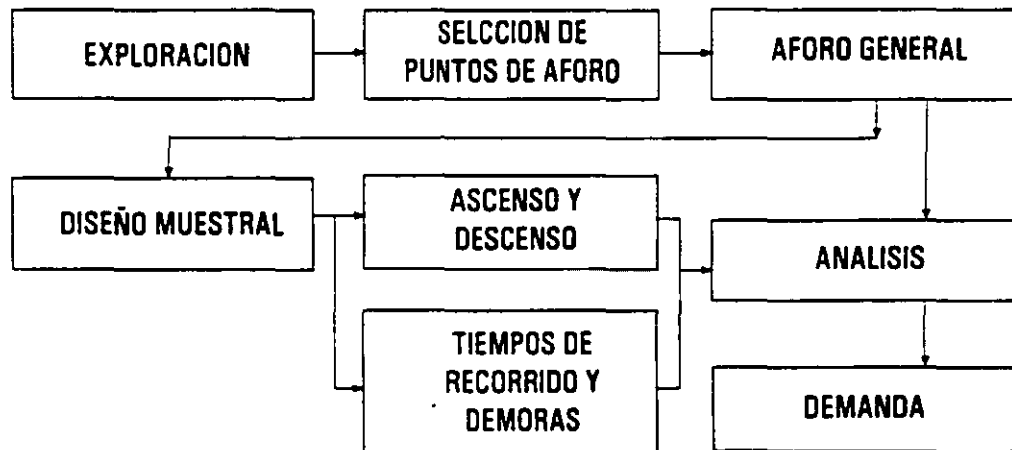


Figura 1. 13. Organización de trabajos para definir la demanda de una ruta

INVESTIGACION DE CAMPO

La investigación de campo cubrió seis fases: (ver Figura 1.13.)

1. Exploración
2. Inventario de los servicios
3. Aforo general
4. Ascenso y descenso de pasaje
5. Tiempos de recorrido y demoras
6. Encuesta de usuarios.

1. Exploración

Esta fase precedió al grueso de las investigaciones. Tuvo como objetivo establecer el marco de referencia dentro del cual se realizarían los restantes trabajos. Así:

Se llevó al cabo una revisión completa del trayecto y de sus condiciones físicas, incluyendo los lugares de terminal de los transportes actuales.

Se determinaron los puntos más convenientes para hacer los conteos vehiculares (aforos).

2. Inventario de los servicios

El inventario del transporte que opera en el corredor Aragón - Armas tuvo como fin verificar los servicios que constituyen la oferta actual. Una síntesis de las observaciones se presentan en el Cuadro AX1.2.1.

3. Aforo general

Se tomaron aforos de vehículos en los cuatro puntos seleccionados siguientes: Terminal Aragón, Basílica de Guadalupe, Av. Politécnico Nacional y Terminal Armas. Las observaciones empezaron a las 5 AM y concluyeron a las 9 PM cuando, por razones de mala visibilidad y por la reducción substancial en los conteos, se dió estimó que ya no resultaba relevante continuar.

Los resultados de la investigación incluyeron, además de los volúmenes vehiculares por ruta y por hora, bases cuantitativas para estimar las cifras de la Hora de Máxima Demanda (HMD) y una primera apreciación de los pasajeros transportados en el momento de las observaciones.

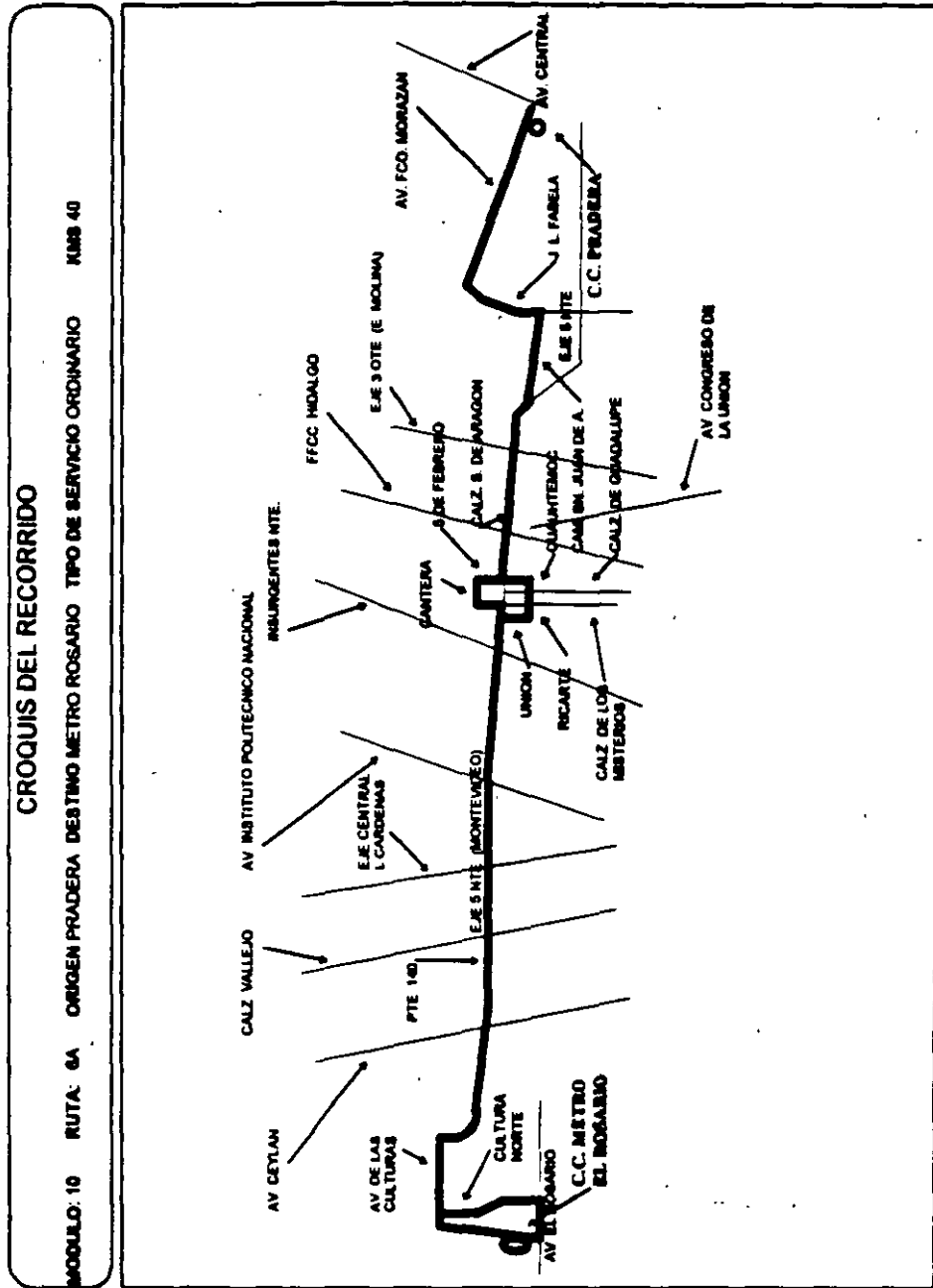


Figura 1.14

4. Ascenso y descenso de pasaje

La observación relativa al ascenso y descenso de pasaje a los vehículos se hizo mediante la previa determinación de una muestra, cuyo diseño se basó en los conteos del aforo general.

La observación se inició a las 5 AM en el sentido Oriente - Poniente y se terminó aproximadamente a las 9 PM, en el sentido Poniente - Oriente, al completarse el número de vueltas estipulado por la muestra. En resumen, se cubrieron 16 horas de servicio.

Como resultado de estos levantamientos se obtuvo la siguiente información:

- a) Número e identificación de las paradas efectuadas en el trayecto de cada uno de los vehículos.
- b) Número de ascensos y número de descensos, clasificados por parada y por vuelta.
- c) Tiempos globales de cada recorrido (hora de salida y hora de llegada).

5. Tiempos de recorrido y demoras

Independientemente de las estimaciones de tiempos de trayecto reales hechas a partir de los horarios en que se realizaron los conteos de ascenso y descenso, se hicieron mediciones de tiempos de trayecto sin la pérdida de tiempo que causa la maniobra de abordaje y de descenso, utilizando para el efecto un autobús especialmente acondicionado.

Toda la información que se consigue durante las investigaciones de campo tiene un doble propósito: como base estadística, para hacer inferencias sobre la posible demanda a lo largo del corredor y como precursora de los análisis operativos que llevan a estimar el número adecuado de vehículos para el servicio, su tipo y los parámetros de operación. Entre estos últimos se encuentra el número de vueltas que podría dar diariamente cada una de las unidades de transporte.

6. Encuesta de usuarios

La utilidad de esta encuesta estriba en la conveniencia de conocer el perfil del usuario de cada uno de los servicios. Para ese efecto se levantaron 300 encuestas; 150 de ellas en la Terminal de San Juan de Aragón y otras 150 en la Terminal de Calzada de las Armas.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

La información procedente de los estudios de campo fue sometida a diversos procesos de clasificación y resumen, tendientes a clarificar su contenido y a dejarla apta para el análisis.

1. Inventario

Los datos del inventario son sólo enunciativos. Su procesamiento se concretó a darle a cada ruta la ubicación adecuada en el cuadro de clasificación del servicio.

2. Aforo general

A partir de las hojas de campo, donde la información de las rutas observadas en cada punto aparece mezclada, se hizo una selección por punto y por ruta, transcribiendo los datos en hojas de codificación y haciendo cortes en los conteos de resumen cada media hora.

Una vez transcritos los datos a las hojas de codificación, quedaron listos para ser capturados en una base de datos de la cual a su vez se obtuvieron los resúmenes y las gráficas que sirvieron de apoyo para hacer el análisis.

3. Ascenso y descenso de pasaje

Los datos fuente, o sea, la información de partida, proviene de unas hojas (las cédulas de ascenso y descenso) donde quienes efectuaron el levantamiento fueron anotando sucesivamente y a lo largo del trayecto realizado, todos los movimientos de ascenso y de descenso que hacían las personas al vehículo que se investigaba. Debido a la carencia de lugares oficiales de parada, los abordajes y los descensos ocurren casi en cualquier lugar del recorrido. Esto obligó a realizar una homologación de las paradas reales antes de incluirlas en la base de datos respectiva.

Con las paradas ya cargadas en la base de datos, se procedió a incorporarles los resultados de cada vuelta observada, capturando cada ascenso y cada descenso efectuado. A partir de ahí se pudo clasificar y agrupar los movimientos y obtener los listados que indican cuáles paradas seleccionar, con base en el número de ascensos y descensos observado (más de un ascenso y más de dos descensos en la HMD); con esto se discriminaron aquellos lugares en los que ocurren un solo ascenso o únicamente entre uno y dos descensos diarios.

Los productos finales de este proceso fueron los siguientes:

1. La lista de paradas más solicitadas;
2. Número de usuarios que suben y/o que bajan en tales paradas;
3. El pasaje a bordo en cada punto del trayecto;
4. El total de pasajeros transportados por las unidades muestreadas.
5. Complementariamente, los tiempos reales de trayecto.

4. Tiempos de recorrido y demoras

Esta información proviene de los recorridos efectuados en el vehículo especial, con fines de detección de las demoras ocurridas durante el viaje y sus correspondientes causas. Con ello se consigue conocer el tiempo neto de viaje de las unidades, con independencia de los tiempos empleados durante las maniobras de ascenso y de descenso de pasaje.

5. Encuestas

La mecánica aquí se reduce a analizar el contenido de las cédulas de la encuesta y obtener las relaciones de información ya clasificada. Por ejemplo: cuántos de los viajeros son obreros, cuántos de ellos son estudiantes, y así sucesivamente.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

Se incluyen usualmente los resultados más relevantes y representativos y a continuación se hacen los comentarios correspondientes.

ANEXO 1.3

Diseño muestral

Las muestras, cuando tienen representatividad estadística, ofrecen un excelente recurso para conseguir información sobre las poblaciones a muy bajo costo. Las muestras utilizadas en los estudios de transporte se estiman mediante dos procedimientos, dependiendo del uso que se vaya a dar a los resultados.

El primer método es el que se sigue tradicionalmente en la mayoría de los casos, independientemente del tipo de análisis. El segundo método persigue objetivos más específicos y se le recomienda especialmente para algunos tipos de trabajo sobre el transporte. Veamos ambos casos.

Método estadístico convencional

Para diseñar muestras por este método se hacen las siguientes consideraciones:

La estimación de la muestra se basa en parámetros conocidos de la población. Los más usuales son la media μ (mu) y la desviación estándar σ (sigma).

Cuando no se conocen los valores de μ y σ de la población que se estudia se pueden tomar de otros estudios similares o se les calcula mediante una encuesta piloto.

De optarse por tal forma de calcular el tamaño de la muestra, el dimensionamiento se apoya en la siguiente expresión:

$$n = \left[\frac{Z \sigma}{e} \right]^2 \quad \text{o su equivalente :} \quad n = \frac{Z^2 PQ}{e^2}$$

en donde:

- n = tamaño muestral requerido.
- Z = parámetro de la calidad del muestreo (usualmente Z = 1.96).
- σ = desviación estándar de la variable poblacional investigada.
- e = error admisible de la estimación.



Y asimismo:

- P = proporción de la población con cierto atributo.
 Q = proporción de la población sin el citado atributo.

Al aplicarlo a un caso en particular (digamos a la cuantificación del muestreo necesario para una investigación de ascenso y descenso, se tiene:

La variable que se quiere medir es la ocupación total de los vehículos como una función del ascenso y el descenso. Suponiendo (sólo con fines de ejemplo) que el valor de $Q = 0.9$, —vehículos totalmente ocupados en la HMD—, o sea, 90% de las unidades viajan llenas en la HMD; y que el error admisible del muestreo sea del 20%, es decir, que la ocupación total no se cumpla sino en $\pm 20\%$ de su máximo valor posible, el número de observaciones requerido es de:

$$n = \frac{3.84 \times 0.9 \times 0.1}{0.04} = 9 \text{ vehículos}$$

Método del Departamento de Transporte de los EUA

En este método se aplica la expresión que se anota en seguida. Es recomendado para aquellos casos en que se quiera estimar los movimientos individuales. Por ejemplo, los ascensos y/descensos por vehículo.

$$n_i = R g^2 / (4 \phi^2) \quad \text{siendo:}$$

- n = dimensión muestral.
 R = número de pasajeros entre el número de viajes-persona (0.64).
 g = $Z(\alpha / r)$; en donde a su vez, α = área de rechazo de la curva normal (0.10) y
 r = proporción sobre la flota (1/20).
 ϕ = error admisible de detección (una cifra adecuada para el caso es 0.15).

Aplicando la expresión tenemos:

$$n = 0.64 \times (1.96 \times 2)^2 / (4 \times 0.225) = 11 \text{ unidades}$$

CAPITULO 2

LA OPERACION I. FUNDAMENTOS

2.1. Generalidades

La explotación técnica de los servicios de transporte ha sido comparada a menudo con el funcionamiento de una fábrica cuya actividad consistiera en la producción de viajes-persona/día o pasajeros-kilómetro. De manera semejante a lo que ocurre en una planta de producción industrial —en cuya última etapa los elementos elaborados en las distintas secciones de la fábrica llegan en orden cronológico para ser ensamblados y constituir así el producto final—, para “fabricar” una “vuelta”, un “viaje”, una “corrida” (o como quiera que se le denomine) de un servicio de transporte de pasajeros, habrá que poner al punto toda una serie de elementos y circunstancias condicionados a ensamblar en forma precisa en el contexto de la operación.

Tomemos como ejemplo el caso de un tren de pasajeros. La rama de vagones debe ser conducida al andén de partida con cierta anticipación, calculada tanto en lo que se refiere al tiempo requerido para embarcar sin precipitación al pasaje, como en lo concerniente al lapso que le es permitido al convoy ocupar el andén sin entorpecer la marcha de otro tren.

Ahora bien, esa rama viene de un patio de estacionamiento donde ha sido revisada y aseada después del último recorrido, y por lo común se le conduce al andén utilizando una máquina de patio, la cual posee a su vez un programa detallado de trabajo. A su turno habrá de llegar el personal de acompañamiento del tren, que procederá a un último examen del convoy y tomará contacto con el personal de la estación.

Una quincena de minutos antes de la hora de salida, la locomotora del convoy, conducida a su vez por el personal que le corresponda, tomará su puesto al extremo del tren y procederá a un ensayo de frenos en presencia de algunos inspectores especializados, —cuyo trabajo también habrá sido planeado con toda antelación—. Finalmente, pocos segundos antes de partir, el jefe de servicio se asegurará de que todo está en orden y, de ser así, dará la orden de salida en el momento justo.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Estado	Operación	Estado	Operación	Estado	Operación	Estado	Operación	Estado
	traslado espera	libre	limpieza ocupado	armado traslado acomodo	armado traslado acomodo	preparac. ubicación prueba	preparac. abordar revisar acomodo prueba	inspec. prueba Vo.Bo. salida
	abordaje	espera ocupada	libre	salida	nuevo pr.	salida	salida	salida
	viaje	libre	limpieza ocupado	arribo revisión		arribo revisión	arribo revisión	inspec. Vo.Bo. salida
	viaje	libre	libre	salida		salida	salida	salida
	viaje	libre	limpieza ocupado	arribo revisión		arribo revisión	arribo revisión	inspec. Vo.Bo. salida
	viaje	libre	libre	salida		salida	salida	salida
	viaje	libre	limpieza ocupado	viaje llegada		viaje llegada	viaje llegada	inspec. prueba Vo.Bo. otro prog.
	viaje	espera ocupada	ocupado	reubic. otro prog.	acomodo nuevo prg	prueba reporte	prueba reporte	otro prog.

Figura 2.1 Funcionamiento de un sistema de transporte (ejemplo ferroviario).

Para que el tren pueda llegar sin contratiempos a su destino final será ahora necesario que se cumpla fielmente con un horario establecido de antemano, dado el carácter tan particular del transporte por vía férrea, donde los trenes se siguen unos a otros con intervalos reducidos, y sin posibilidades —salvo en sitios específicos— de rebasarse. Bajo ese criterio, se habrá previsto que el tramo de vía que en un cierto momento ocupará cada convoy, no presente interferencias con otras ramas; y lo mismo debe acontecer sobre las estaciones intermedias o sobre ciertos cambios de vía. Vemos así cómo se impone la obligación de que cada una de las partes respete estrictamente los horarios adoptados.

En el ejemplo se ha descrito de manera detallada una sucesión de operaciones, que deben de efectuarse en un orden dado para asegurar la marcha eficiente de los trenes. Ha tenido el fin de mostrar que lo que parece simple, muchas veces implica la exacta ejecución de un cierto número de etapas minuciosamente preparadas. Todo ello resalta la importancia que tiene el programa operativo.

En lo relativo a otros modos de transporte de operación más sencilla, tal como es el caso de las líneas de autobuses o de trolebuses urbanos, la complejidad de la explotación es sólo un problema de grado, ya que el programa general que permite el funcionamiento correcto del servicio posee un número de etapas equivalente que será preciso planear con igual cuidado y detalle. Así:

1. Lo primero que debe quedar establecido es la magnitud y la intensidad de la oferta que habría de darse sobre la ruta. Tanto el número de salidas por hora —la frecuencia— como el número total de unidades asignadas, debe conocerse anticipadamente, basándose en las características de la demanda y según una relación oferta/demanda convenida.
2. Luego, conforme a un horario, determinado también de manera anticipada, en algún andén o en el punto de partida de una terminal deberá ubicarse el vehículo en turno destinado a la prestación del servicio, bien revisado en cuanto a sus condiciones mecánicas y de limpieza, y listo para partir en el momento programado.
3. Después, y a lo largo de su recorrido, se habrá de ir respetando el horario estipulado, de modo de no entorpecer la marcha de las unidades que lo sigan, ni tampoco reducir la distancia de las precedentes, para garantizar la mejor regularidad posible del servicio.

4. A su arribo a la terminal opuesta deberán darse aquellas condiciones que permitan en su momento un reajuste en el programa de marcha, para asegurar el respeto de la frecuencia de operación, así como para diversas acciones complementarias del contexto operativo.

Nada tiene de extraño entonces que, en cuanto los transportes de una localidad superan la etapa del empirismo y la improvisación, lo primero que queda al descubierto son sus necesidades de tecnificación operativa, tema aún abierto a la investigación tecnológica, como veremos más adelante.

2.2. Los factores de la operación.

En el manejo y la explotación de los sistemas de transporte intervienen factores tanto de índole física como de carácter humano. Las características técnicas de la instalación y del material rodante; la topografía de los recorridos y el grado de conservación que tengan, constituyen elementos del primer tipo, es decir, son de índole física. En cambio, las reacciones del conductor del vehículo, los hábitos del usuario en función de la hora del día y de la época del año, y aun la respuesta anímica del propio usuario en cuanto al servicio de transporte en cuestión, forman parte del segundo grupo de factores que afectan la operación: los factores de carácter humano. Sólo un análisis concienzudo de todos estos elementos, así como su balance, referido éste a las medidas adoptadas como solución, pueden garantizar el éxito de un sistema de transporte al que se le haya encomendado la tarea de servir a alguna comunidad.

Existen factores no físicos que son un requisito para toda buena operación, y que, siendo asimismo muy propios de la actividad, nos conviene conocer. Veamos pues primero dichos factores no físicos que inciden en la operación y que pueden ser deducidos de las descripciones anteriores.

2.2.1. Factores no físicos de la operación.

En orden de importancia, esos factores-requisito son los siguientes:

1. La seguridad;
2. La puntualidad y la regularidad;
3. La comodidad o el confort.

El tema de la seguridad será revisado en uno de los capítulos posteriores (Capítulo 6). A continuación se hará hincapié en los dos factores restantes.

Puntualidad y regularidad. La puntualidad y la regularidad son factores independientes pero que al mismo tiempo aparecen ligados entre sí. No obstante que la regularidad del servicio depende básicamente del programa de operación, el cumplimiento de dicho programa se basa fundamentalmente en la puntualidad con que se acaten los horarios previstos.

Abstracción hecha del renglón de la seguridad, debido a las razones expresadas antes, para los usuarios potenciales de un transporte —sobre todo cuando existe competencia—, la calidad se refleja en primer lugar en las propiedades de puntualidad y regularidad, y en segundo lugar en los factores económicos o de comodidad. Una de las principales consideraciones en la organización de los transportes estriba en el concepto del *tiempo generalizado de viaje*, que se verá más adelante.

En las diarias actividades de la población de una localidad, y muy en particular en las ciudades modernas, el respeto de los horarios de trabajo es, en atención al carácter general de la sociedad, la piedra de toque del desarrollo económico. En ese ámbito los malos transportes pueden formar un cuello de botella que, en un momento dado, entorpezca todos los planes de trabajo por bien elaborados que estén.

Para aquellos medios de transporte que se desplazan por sobre derechos de vía independientes, como lo son los ferrocarriles urbanos subterráneos o las líneas de autobuses o de tranvías que transitan separadas del tránsito general, el problema del cumplimiento de los horarios se reduce a evitar contingencias o eventualidades en el equipo, mediante un cuidadoso programa de conservación; o con el personal, a través de una selección adecuada del mismo.

No pasa igual con aquellos modos de transporte cuyo recorrido se hace mezclado con el resto del tránsito de superficie. En este caso la selección de la ruta más adecuada es de gran importancia. El tránsito de trolebuses o autobuses por calles o avenidas altamente congestionadas dificulta el cumplimiento de los horarios, y en muchas ocasiones el problema sólo se evita trasladando las rutas a calles paralelas con menor intensidad de movimiento.

Para configurar el recorrido más conveniente de las líneas de superficie, es preciso realizar estudios complementarios que bien pueden alterar el trayecto ideal con la mira de aumentar la eficiencia real. Cuando se plantea una ruta como resultado de estudios puramente teóricos (encuestas O-D, aforos, etc), por lo general no se toman en cuenta los efectos que producen en la circulación los nuevos vehículos. Esto, más tarde o más temprano obliga a considerar los siguientes aspectos:

- a) Las cuencas de captación,
- b) Las causas de las demoras,
- c) El índice de siniestralidad de la ruta y,
- d) El emplazamiento de paradas y terminales.

Revisémoslo más detalladamente.

a) **Cuenca de captación.** La cuenca de captación es aquella superficie del territorio de donde provienen los viajeros que utilizan o utilizarán el servicio considerado. Su identificación sirve para localizar la mejor ubicación relativa de la ruta en su entorno geográfico. La anchura de la cuenca de captación es una función de la distancia que han de recorrer los usuarios para abordar un vehículo, aunque no depende únicamente de las longitudes de trayecto a pie o en otro medio cualquiera de transporte. Depende también de otros factores tales como la accesibilidad del lugar, las opciones de transporte, la época del año, la calidad del servicio, la hora del día y la longitud global del viaje. En función de ello y para cada caso deberá dilucidarse cuál es la anchura de la cuenca de captación que es más aplicable; esto suele hacerse mediante alguna encuesta apropiadamente diseñada para la ocasión, durante la cual deberá preguntarse a los entrevistados dónde iniciaron su traslado hacia el lugar en que se está practicando el encuestamiento.

La cuenca de captación se define de una manera gráfica, trazando en un plano los puntos de origen y de destino de los viajes individuales —determinados durante la encuesta— y dibujando después la curva envolvente de tales puntos. La citada envolvente constituye la frontera o límite de la cuenca de captación.

No es realista pensar que la cuenca de captación está constituida por el ámbito geográfico donde se origine la totalidad de los viajes; a menudo esa región supera en mucho una amplitud razonable. Por el contrario, conviene establecer su extensión en función de un porcentaje dado de

los viajes, digamos, del 80%. De ser así, se aceptaría como cuenca de captación de un servicio de transporte, a una región o zona geográfica que albergara al 80% de los orígenes de los recorridos. Los viajes que implicaran un trayecto inicial en otro medio de transporte para llegar al punto de ascenso, no serían incluidos en el recuento de definición de la cuenca de captación. (ver la Figura 2.2).

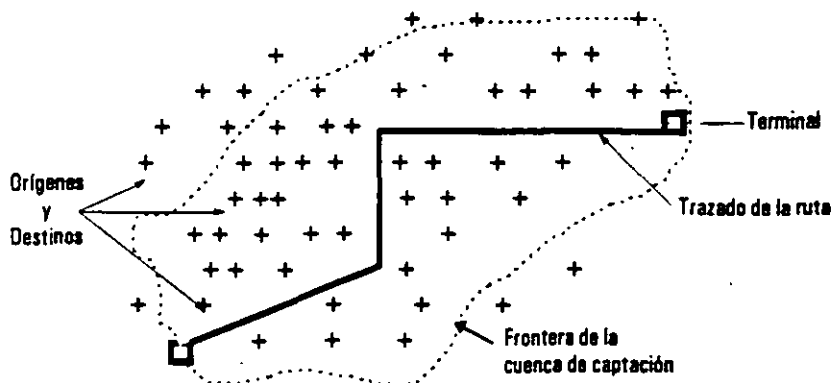


Figura 2.2. Cuenca de captación de una ruta

Es muy improbable que la ruta proyectada divida exactamente por la mitad al área de demanda. Por eso, si algún análisis del recorrido recomendara ciertos cambios en la localización de la ruta, de preferencia debería buscarse un trazado alternativo próximo al eje de simetría de la cuenca real. Es posible que eso pudiera ser difícil de precisar si el servicio aún no existe.

b). Causas de las demoras. El tiempo real del recorrido es un factor de gran importancia en todos los programas de operación. No obstante, el tiempo empleado en los trayectos depende mucho de las condiciones que existan en el tránsito a lo largo de la ruta. Es pues necesario efectuar estudios sobre las causas que originan ciertas demoras, con el fin de tratar de reducirías.

Un análisis adecuado permitirá detectar ciertos puntos críticos en los recorridos que fuera conveniente evitar; por ejemplo, cuando el trayecto atraviesa algún cruce muy congestionado en el que converjan varias arterias importantes. En tanto no se perjudique el servicio, sería recomendable tratar de modificar el trazado para evitar tal intersección.

c). **Índice de siniestralidad.** El índice de siniestralidad mide la incidencia de accidentes de un recorrido. Tiene mucho que ver con el concepto de seguridad que se tocará mas adelante, pero también tiene que ver con los tiempos de trayecto. Los accidentes en la ruta, aun ajenos a los vehículos en cuestión, producen disturbios que cambian las condiciones normales del tránsito, con un aumento consecuente del tiempo de recorrido. El tratar de evitar los trayectos con problemas de este tipo es un deber del proyectista y, como en el caso anterior, la solución puede consistir simplemente en dar un cambio local al derrotero.

d). **Emplazamientos de paradas y terminales.** La selección de los lugares apropiados donde debieran de localizarse las paradas es una labor que implica sumo cuidado. Es sabido que el número y la ubicación de las paradas incide en la eficiencia operativa, aparte de que el ascenso y el descenso de pasaje debe procurarse que se haga en forma expedita y con la máxima seguridad.

La literatura técnica alude a ciertos lineamientos como guía de localización en la vía pública del trazado y las paradas del transporte urbano.¹ Más adelante se comentan (Capítulo 3) algunos criterios adicionales para mejorar la localización y distribución de las paradas a lo largo de las rutas.

La comodidad. Las condiciones de comodidad y confort que los medios de transporte puedan ofrecer a los usuarios repercuten rápidamente en los resultados de la explotación, sobre todo cuando existe competencia. Aunque las condiciones que privan en este aspecto son sumamente variables y dependen mucho del criterio de las autoridades que supervisan los sistemas de transporte, suele ser redituable para las empresas el proporcionar condiciones de higiene y confort adecuadas, dado que la reacción del público es muy notoria e inmediata a este respecto. Normalmente la actitud del usuario parece tender a conservar un ambiente agradable en su propio beneficio, y ello conlleva siempre un descenso en los costos de operación.

2.2.2. Tiempo generalizado de viaje

Es el tiempo lo que intuitivamente sirve de base al usuario para seleccionar su medio de transporte. Resulta importante pues para el analista

¹ Guido Radelat E. "Manual de Ingeniería de Tránsito" R. H. Donnelly Co. 1964, p. 449.
Vukán R. Vuchic. "Urban Public Transportation". Prentice-Hall, Inc. 1981, pp. 270-272.

entender que el tiempo de viaje implicado en los proyectos debe considerarse de extremo a extremo, incluyendo los tramos a pie, y no sólo en cuanto a la permanencia a bordo.

El pasajero común tiene una percepción bastante precisa de su tiempo normal de desplazamiento; la ha adquirido a través del uso consuetudinario del modo de transporte que emplea. Cuando se suscita una anomalía que modifica de manera sensible dicha duración, la percibe como un elemento de desconfort, lo cual ratifica la importancia que tiene la concepción temporal del viaje. Un medio de transporte con una duración fija de viaje es más apreciado que otro cuyo tiempo de trayecto esté sujeto a variaciones impredecibles.

Aparte de eso, toda persona agrega a cada porción de su recorrido un tiempo subjetivo más, proporcional al grado de desconfort del tramo. Así, los tiempos de viaje menos agradables son los que reciben mayor incremento de tiempo subjetivo. Numerosas encuestas dan constancia de que la gente declara utilizar mayores tiempos de recorrido de los que ocupa en realidad. Si acaso son excepción de ello los usuarios de los autos privados, que tienden a pensar que sus tiempos de viaje son menores a lo real. Esta constatación es a menudo literal: hay gente que, interrogada en los puntos de parada, informa sobre esperas de diez minutos y más cuando apenas si han llegado a transcurrir tres o cuatro.

De un estudio realizado por el "Instituto de Ordenación y Urbanismo de la Región Parisiense" —IAURP—, se obtuvieron las siguientes equivalencias de tiempo real contra tiempo figurado:

- Un minuto de marcha a pie equivale en promedio de 2.0 a 2.5 minutos de tiempo figurado, dependiendo del clima;
- Cada minuto del tiempo de espera en los puntos de parada de los autobuses tiene una equivalencia de 1.5 a 2 minutos de tiempo figurado, dependiendo de la regularidad del servicio;
- El tiempo estimado de transbordo parece duplicar al real, siendo mayor cuando las condiciones de espera son poco confortables —como usualmente ocurre— llegando a parecer de más del triple de lo transcurrido;
- Durante el recorrido la duración aparente del viaje en los autobuses suele ser de 1.5 veces referida al Metro. En los viajes en auto la demora adicional se polariza atribuyéndola a los tiempos de semáforo.

Aunque tal apreciación de la gente es puramente subjetiva, es de una gran importancia a la hora de estipular las condiciones de operación extremas: por ejemplo, en el momento de establecer la frecuencia mínima de servicio en horarios de poca demanda.²

2.2.3. Factores físicos de la operación

Los factores físicos de la operación son aquellos parámetros susceptibles de mediciones físicas y que de una u otra manera intervienen en los cálculos del programa operativo. Se cuentan entre ellos:

- a) La *longitud* de la ruta o del recorrido.
- b) El *índice de sinuosidad*.
- c) El número y espaciamiento de las paradas.
- d) Las velocidades de los vehículos (la *velocidad de marcha* y la *velocidad comercial*).
- e) Los *tiempos de ascenso y de descenso* de los pasajeros.
- f) Los *tiempos de permanencia en las terminales*.
- g) Los *tiempos "muertos"*, o sea aquellos empleados por los vehículos al viajar de la terminal al lugar de depósito.
- h) La *frecuencia de operación*.

A continuación pasaremos a comentar con más detalle cada uno de ellos,

a) Longitud de la ruta. Por lo general se refiere a la medida del desarrollo completo del trayecto (ida y vuelta). Se mide en metros o en kilómetros y debe corresponder con la suma de las distancias entre paradas (*ver* el inciso c más adelante). Su símbolo es L_r .

b) Índice de sinuosidad. Mide la tortuosidad o sinuosidad de la ruta. Su valor se calcula dividiendo la longitud total L_r de la ruta (*ver* el inciso a anterior) entre el doble de la distancia que hay, en línea recta, entre las terminales. Cuando la ruta consista en un circuito, el IS se calcula dividiendo la longitud del circuito entre el doble de la distancia que hubiera, en línea recta también, entre la terminal y el punto más alejado de la misma, el que casi siempre coincidirá con el punto de «cierre de circuito». Su dimensión carece de unidades.

² En las zonas de baja demanda el intervalo de paso del diseño puede resultar demasiado grande para quien emplea el servicio normalmente. (N de A).

c) **Número y espaciamiento de paradas.** El número de puntos de parada incluirá únicamente aquellas en donde los vehículos se detengan de modo sistemático. No se contarán las que se hagan de manera fortuita u ocasional.

El espaciamiento entre las paradas es la longitud en metros de su separación. Al valor promedio de dichos espaciamientos se le reconoce con el nombre de "*distancia interestación*".

Existen varios procedimientos para determinar el número y la separación óptima de las paradas desde un punto de vista teórico. Entre ellos destacan los modelos de E. Stelson³ y el de M. Conde C.,⁴ cuya descripción y modo de empleo se incluye en los Anexos (véase en el Anexo 2.1 del capítulo, una síntesis del documento original de Stelson).

d) **Velocidades de los vehículos.** Son dos las versiones de velocidad con mayor importancia en el análisis. A la primera se le denomina *velocidad de marcha* o *velocidad de trayecto*; su símbolo usual es V_m . Es aquella velocidad desarrollada por los vehículos de transporte, sin tomar en cuenta las demoras por las interferencias —los congestionamientos y los semáforos—, ni los tiempos utilizados en los ascensos y los descensos del pasaje. Se calcula dividiendo la longitud L_r de trayecto, entre el *tiempo neto* T_n empleado por el vehículo durante el recorrido. El tiempo neto es el que se habrá calculado descontado, si ese fuera el caso, las demoras ya indicadas de los congestionamientos y los semáforos, más el tiempo de ascenso y descenso del pasaje. Así:

$$V_m = \frac{L_r}{T_n} \quad (\text{ecuación 2.1})$$

La *velocidad comercial*, cuyo símbolo es V_c , se calculará del mismo modo pero tomando el tiempo global sin descuentos, T_g .

$$V_c = \frac{L_r}{T_g} \quad (\text{ecuación 2.2})$$

³ Thomas E. Stelson: "Transportation. Steps to the Ultimate". II INTERNATIONAL CONFERENCE OF URBAN TRANSPORTATION: 1972. P 48.

⁴ Manuel Conde Cabeza. "La distancia óptima entre paradas". El transporte Colectivo Urbano en España. Tomo 2. Edit. Ariel. P 269.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Cuando las longitudes se dan en kilómetros y los tiempos en horas, ambas velocidades se expresan en kilómetros por hora, lo cual se indica así: *km/hr*. A veces es más útil manejarla en metros y en segundos; en este caso la velocidad de expresa en metros por segundo y se indica así: *m/seg*. Veamos un ejemplo.

Problema 2.1.

Calcular las velocidades de marcha V_m y comercial V_c , de una ruta que tiene $L_r = 18$ km de desarrollo, y en cuyo trayecto se han empleado 51 minutos, de los cuales 10 fueron debidos a las demoras.

Solución:

La velocidad de marcha V_m está definida por la ecuación 2.1 (p 57). Para efectuar los cálculos se necesitaría conocer, además del valor de L_r , el del tiempo neto T_n . La velocidad comercial V_c se obtiene mediante la ecuación 2.2 (p 57) y ésta requiere a su vez conocer el valor del tiempo global T_g . Así, para encontrar la solución basta con sustituir los valores de L_r , T_n y T_g , en ambas expresiones.

Como conviene anotar las velocidades en km/hr, se debe transformar los tiempos, de minutos a horas. Luego, el tiempo global vale:

$$T_g = 51 \text{ minutos} = 51/60 = 0.85 \text{ de hora.}$$

y el tiempo neto:

$$T_n = 51 - 10 = 41 \text{ minutos} = 41/60 = 0.68 \text{ de hora.}$$

Al sustituir esos tiempos en las ecuaciones 2.1 y 2.2 tendremos:

De la ecuación 2.1:

$$V_m = \frac{18}{0.68} = 26.5 \text{ km/hr.}$$

y de la ecuación 2.2:

$$V_c = \frac{18}{0.85} = 21.2 \text{ km/hr.}$$

e) **Tiempos de ascenso y descenso.** Son los tiempos consumidos por los pasajeros al ascender y descender de los vehículos de transporte. Los símbolos empleados para su representación son t_a y t_d , respectivamente. Se expresan en segundos por uno o más pasajeros, dependiendo de la forma como se haya hecho la medición.

Como referencia, en el "Manual de Ingeniería de Tránsito" de Guido Radelat se incluyen datos sobre el tiempo en segundos requerido por las personas para el abordaje de las unidades de transporte; en especial se refieren a los tiempos de parada en las terminales del transporte urbano. El documento en cuestión⁵ indica los siguientes tiempos en segundos:

TIPO DE EQUIPAJE	TIEMPO MEDIO DE ABORDAJE
Pasajeros con pocos bultos y equipaje de mano	1.5 a 2.5 segundos
Pasajeros con cantidad moderada de equipaje	2.4 a 4.0
Pasajeros con mucho equipaje de mano	4.0 a 6.0
Pasajeros con equipaje en el maletero	más tiempo

De ahí se puede inferir que puede aceptarse como tiempo promedio de ascenso y descenso una duración comprendida entre 1.5 y 2 segundos por pasajero.

f) **Tiempo de permanencia en terminales.** Se trata del tiempo, medido en minutos, que los vehículos de transporte están estacionados en los puntos de terminal. Existen motivos evidentes para que esto ocurra; por ejemplo: para regularizar los horarios de salida, para permitir la limpieza de los vehículos, para dar un breve descanso a los operadores, o bien, para efectuar las pequeñas reparaciones que hayan sido programadas en tales momentos. Su símbolo es t_t , y su duración, a la vista de la diversidad de causas que la motivan, es sumamente variable y a menudo se le exagera. Independientemente de las cifras que puedan llegarse a estimar con base en el diseño del programa de operación, un valor adecuado puede situarse entre los 5 y los 15 minutos.

g) **Tiempos "muertos".** Son aquellos tiempos consumidos en los vehículos de transporte para trasladarse entre los lugares de depósito o de pernocta y la terminal. Su símbolo es t_m . Estos tiempos deben ser medidos directamente ya que no existe forma alguna de hacer generalizaciones.

⁵ Texto citado. P. 392.

DEDUCCION EMPIRICA DE LOS TIEMPOS DE ASCENSO Y DESCENSO

En el curso de los trabajos de un proyecto de transporte realizado en México, D.F. (1989), se tomaron los tiempos de maniobra de ascenso y de descenso de 1,811 pasajeros, agrupados en 125 casos distribuidos entre las 10 principales paradas del trayecto.

Haciendo uso de técnicas econométricas de cuantificación se dedujeron de ellos sendas expresiones para calcular los tiempos de ascenso y/o de descenso, aplicables a un número cualquiera de usuarios. Tales expresiones, que se incluyen en seguida con fines ilustrativos, pudieran en ciertos casos llegar a servir para establecer, de manera anticipada, los tiempos empleados en esas maniobras.

Expresión de regresión del ascenso:

$$t_a = 1.62 PS + 3.66 \quad \text{(ecuación 2.3)}$$

siendo:

t_a - tiempo de ascenso calculado, en segundos.
 PS - pasajeros que suben por una sola puerta.

Expresión de regresión del descenso:

$$t_d = 2.60 PB - 4.71, \text{ (para } PB > 1) \quad \text{(ecuación 2.4)}$$

siendo:

t_d - tiempo de descenso calculado, en segundos.
 PB - pasajeros que bajan por una sola puerta.

(los tiempos se igualan cuando $PS - PB = 8$ pas/puerta; en ese caso $t_a - t_d = 16.6$ seg aproximadamente).

h) Frecuencia de operación. Se refiere al ritmo con el cual trabajan los vehículos de transporte de una ruta o servicio. Por lo general se estipula con referencia a la hora de máxima demanda —HMD—, aunque teóricamente puede aludirse a cualquier lapso de 60 minutos. Su símbolo es F_0 y sus unidades se dan en vehículos/hora. Correspondiendo con la frecuencia existe un valor de medición equivalente o complementario a ella: el *Intervalo de Paso*. Como el anterior, está referido al tiempo y es generalmente medido en minutos. Su símbolo es i y su equivalencia con la frecuencia está dada por la ecuación 2.5 de la página siguiente.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Calcular y probar los tiempos de trayecto en tramos y en la vuelta.

2) Calcular y probar los tiempos de trayecto, en cada tramo y en la vuelta completa, así como los tiempos de permanencia en las terminales.

Determinar los tiempos de parada de acuerdo con la demanda esperada en cada lugar.

3) Determinar también los tiempos de parada más probables, de conformidad con la práctica y de acuerdo en el valor de la demanda esperada en cada lugar de ascenso o de descenso.

Establecer el número necesario de unidades para la operación de reserva.

4) Establecer el número necesario de unidades para la operación y de reserva, para la atención de los eventuales saltos de la demanda y para cubrir la posible permanencia de algunos vehículos en mantenimiento preventivo o en reparación.

Calcular los horarios de salida y de paso en cada parada.

5) Luego, con base en dichos tiempos de trayecto y de parada, calcular los horarios de salida, formular los cuadros del posicionamiento en ruta y los horarios del servicio.

Programar la presencia de las unidades en el punto de salida.

6) Por último, para programar la presencia de las unidades en la base de salida, se tomarán en consideración los tiempos muertos de traslado desde las zonas de depósito hasta los puntos de arranque.

Más adelante se aclararán mejor estos conceptos y se les aplicará mediante algunos ejemplos detallados.

2.3.1 Los parámetros de la operación

De forma convencional los parámetros de la operación son las cifras o valores que es necesario conocer para establecer el patrón de marcha de las unidades. Ellos son:

- Aceleración, en m/seg^2 .
- Desceleración natural (sin aplicación de frenos).
- Régimen de frenado, también en m/seg^2 .
- Velocidad máxima y velocidad operativa, en $km/$ o en m/seg .
- Otros conceptos ajenos a este propósito.

La mayoría de los valores que pudieran adoptar los parámetros operativos; —por ejemplo, los valores máximos de los conceptos anotados—, dependerá de la tecnología que se use. No obstante, por razones de comodidad de los pasajeros, a algunos de ellos se les deberá limitar normativamente. En ese caso estarían la aceleración, cuyo valor máximo recomendable es de 1.5 m/seg^2 , y el frenaje, que no debe superar la cifra de 2.5 m/seg^2 .

A partir de los valores indicados, o con base en aquellos que correspondieran a los vehículos asignados al servicio, se puede construir el patrón de marcha respectivo, con el cual será posible reproducir la manera de desplazarse de las unidades en la ruta. Las Figuras 2.3.a y 2.3.b ilustran sucesivamente, el patrón de marcha idealizado de un vehículo cualquiera entre dos paradas consecutivas, y una sucesión de curvas similares entre sí, asociadas a los puntos de parada de todo un trayecto. En la segunda figura puede observarse cómo aparece o se comporta la distancia durante el movimiento (*ver* la curva D de la Figura 2.3.b).

Figura 2.3.a Patrón de marcha idealizado

Figura 2.3.b. Patrones sucesivos

Con frecuencia se carece de un cuadro confiable de parámetros de este tipo, aplicables a los vehículos normalmente en uso. A lo más a que se tiene acceso, independientemente del caso del Metro, es a las características técnicas de los motores y los bastidores —citando el caso más común de los automotores—, documentadas por los fabricantes, y a alguna otra información extraída de fuentes de diversa procedencia.

Como en realidad lo que importa es conocer la velocidad o el tiempo promedio de marcha entre las paradas, es más práctico realizar algunas abstracciones tendientes a simplificar el caso, explicando más que deduciendo los patrones de marcha que siguen los vehículos en los trayectos.

El procedimiento para valorar las velocidades promedio de recorrido consiste en hacer varias mediciones de las velocidades reales, preferentemente sin interferencias, y al resultado de dichas mediciones afectarlo, mediante cálculos apropiados o a través de algún mecanismo de simulación, del valor de las interferencias originadas por la presencia de los semáforos, el ascenso y el descenso de pasajeros, y alguna otra forma de demora que sea susceptible de presentarse sistemáticamente sobre la ruta.

Expliquémoslo mejor. Para estimar la velocidad de trayecto V_m generalmente se acude a los tiempos netos de trayecto T_n , tal y como se estableció antes (véase el Ejemplo 2.1). Más tarde, para obtener un valor más aproximado al real, a la estimación original del tiempo se le suman las demoras por interferencias de todo tipo más los tiempos de ascenso y descenso. El tiempo así modificado servirá entonces de base para el cálculo de la velocidad comercial V_c , según las necesidades del caso. Se trata pues de tener establecido un valor para V_m que sirva de base a lo demás. Esto lo veremos en seguida.

2.3.2. Cálculo de los tiempos de trayecto

El cálculo de los tiempos de trayecto se debe efectuar entre cada dos paradas. Los tiempos pueden medirse directamente o pueden estimarse a partir de una velocidad de marcha fijada. En cualquier caso se deberá calcular el tiempo medio de trayecto entre cada pareja de puntos de parada.

Ahora bien, como las velocidades de trayecto V_m son obtenidas a través de mediciones de tiempos, parece innecesario calcular dichas velocidades si lo que realmente interesa es el tiempo de trayecto. Sin embargo debe pensarse que la validez o la certificación final de esos tiempos sólo podrá obtenerse cuando las unidades entren en operación, y mientras tanto tendrá que adoptarse alguna velocidad lógica, deducida de los tiempos de trayecto medidos. Aclarándolo aún más: supongamos que por medio de las mediciones de tiempos estimamos una velocidad de trayecto de 14 km/hr (bajo las condiciones actuales), la cual pensamos que podría aumentarse cuando se realizaran algunas acciones de mejoramiento en la ruta. Ahora bien, para el diseño de la operación podríamos presuponer una velocidad de 20 km/hr, y a partir de ella calcular de manera provisional los tiempos futuros de trayecto. Así, entre tanto no

se puedan llegar a medir los tiempos reales, los tiempos que arroje la velocidad de 20 km/hr supuesta pueden admitirse como ciertos. Cuando los tiempos reales ya puedan medirse, habrá que tomarlos tal y como ocurran y hacer los cambios pertinentes.

Problema 2.2.

Calcular los tiempos de trayecto T_i entre ciertas paradas situadas a 1 km una de otra, sabiendo que normalmente se puede transitar entre ellas a 40 km/hr y no hay semáforos.

Solución:

Al no tener que detener el vehículo en el tramo (no hay semáforos), el tiempo de trayecto está dado por una variante de la ecuación 2.1, la cual queda como sigue:

$$T_i = \frac{L_i}{V_m} \quad (\text{ecuación 2.1 bis})$$

en donde:

- T_i = tiempo de trayecto en el tramo i ;
- L_i = longitud del tramo i , en km, y
- V_m = velocidad de marcha (no tiene caso diferenciar entre la velocidad comercial y la velocidad de marcha puesto que V_m y V_c son iguales al no haber paradas en el tramo).

Sustituyendo:

$$T_i = \frac{1.00}{40} = 0.025 \text{ hr} = 1.5 \text{ minutos.}$$

2.3.3. Cálculo de los tiempos de parada

Los tiempos de parada son valores que derivan del número de pasajeros que ascienden y/o descienden de la unidad. En este sentido, los tiempos dependerán de las características de la población y pueden variar de un lugar a otro.

Por ejemplo, en la mayoría de los casos la duración de la parada en las estaciones del Metro es de 20 segundos en promedio; dicho tiempo es vigilado directamente por el conductor, que lo hace variar según su apreciación del movimiento de pasaje. No obstante, el diseño del patrón de marcha de los convoyes se basa en esos 20 segundos, con una tolerancia de más o menos 5 ó 10 segundos, y con la posibilidad siempre de compensarlos en el trayecto.

A los transportes que se desplazan mezclados con el tránsito normal, no es posible sujetarlos a una velocidad comercial fija; la velocidad de trayecto puede cambiar de un punto a otro, y en un mismo tramo de una hora a otra dentro de límites muy amplios, y lo mismo puede afirmarse también de los tiempos de parada. Ello implica una gran dificultad en la tarea de establecer horarios de paso más o menos fijos. Esa es la razón por lo que resulta de tanta importancia llegar a aplicar procesos que permitan tomar en cuenta las oscilaciones que normalmente presentan, tanto la velocidad de trayecto como el tiempo de ascenso y descenso del pasaje. De eso se hablará más adelante.

Problema 2.3.

Calcular los tiempos de ascenso t_a , y de descenso t_d de un autobús, en una parada en la que subieron 8 personas y bajaron 6. Indicar cuánto tiempo estuvo detenido el autobús si cuenta con puertas separadas para subir y bajar. Dar el resultado al segundo. Usar las ecuaciones 2.3 y 2.4.

Solución:

Para fijar el tiempo de ascenso emplearemos la ecuación 2.3, y lo mismo haremos para el descenso con la ecuación 2.4. Así:

De la expresión 2.3: $t_a = 1.62 \times 8 + 3.66 = 17$ segundos.

de la expresión 2.4: $t_d = 2.60 \times 6 + 4.71 = 11$ segundos.

Entonces, el autobús estuvo detenido sólo 17 segundos. Al mismo tiempo que subían 8 pasajeros, descendieron los 6 que debían bajar.

Problema 2.4.

Calcular el tiempo promedio de la parada de un convoy de Metro, en un punto donde normalmente suben y bajan de cada carro 40 y 32 pasajeros, también en promedio, respectivamente. Los carros del convoy tienen 4 puertas cada uno y la maniobra se efectúa en este orden: primero descenso y luego ascenso.

Solución:

Como los carros tienen 4 puertas, los movimientos por carro y por puerta son de $40 + 4 = 10$ ascensos y $32 + 4 = 8$ descensos. Si aplicamos esos valores a las expresiones que ya conocemos, tendremos:

$$\begin{array}{lcl} \text{ascenso:} & t_a = 1.62 \times 10 + 3.66 & = 19.86 \text{ seg} \\ \text{descenso:} & t_d = 2.60 \times 8 + 4.71 & = 16.09 \text{ seg.} \end{array}$$

Como las maniobras se hacen una después de otra, se deben de sumar ambos tiempos, resultando una duración total de parada de $19.86 + 16.09 = 36$ segundos, aproximadamente.

2.3.4. Los horarios de salida

Los horarios de salida desde cada terminal se deben calcular usualmente para la hora de máxima demanda (HMD), de acuerdo con el número de vehículos necesario para cubrir la oferta.

Ya sea mediante la aplicación del cálculo directo, o de algún proceso de simulación se puede obtener, entre otros resultados que se enumeran aparte, el número neto de unidades requerido para la operación normal durante la hora de afluencia (HMD). A partir de ahí se programan luego los horarios de salida. Este análisis se verá con detalle en el Capítulo 3.

2.3.5. Vehículos de reserva

El número total de unidades de un servicio habrá de estimarse para cubrir la propia operación y las contingencias que pueda presentar la misma. Asimismo, como siempre se hace necesario contar con cierta reserva de unidades para el mantenimiento y reparación, el número total de vehículos citado se calcula de la manera siguiente.

Siendo:

Nt = número total de vehículos;
Nn = vehículos requeridos (neto) para la operación;
Rc = reserva de contingencias = 0.01 Nn (1%);
Rd = reserva de variación de demanda = 0.04 Nn (4%);
Vm = vehículos en mantenimiento = 0.05 Nn (5%) y,
Vr = vehículos en reparación = 0.05 Nn (5%).

El número total de unidades quedará entonces conformado así:

$$Nt = Nn(1 + 0.01 + 0.04 + 0.05 + 0.05) =$$

de ahí que:

$$Nt = 1.15 Nn \quad (\text{ecuación 2.7})$$

o sea, un 15 % adicional al número neto requerido. Es decir, según un factor de eficiencia $E_f = 0.85$ (85%).⁶

2.3.6. Tiempos muertos

Se trata de las consideraciones de tiempo de traslado de los vehículos, desde los lugares de depósito hasta los puntos de terminal. Su valor dependerá de la distribución que se haga de los vehículos en las rutas, a partir de algunos de los sitios de pernocta de las unidades. Cuando ello no exista o aún no se conozca, se deberá partir del supuesto de que los vehículos estarán disponibles en las terminales en el momento requerido.

⁶ Todos son valores supuestos para ilustrar el tema. En cada servicio se deben estimar las cifras propias.

En cuanto al propio tiempo de permanencia en las terminales, con fines de proyecto se puede suponer una estadía de 5 a 10 minutos en cada terminal. No obstante, siendo éste un dato de entrada, deberá cambiarse si así se hiciera necesario.

2.4. Análisis operativo de una ruta

El análisis operativo de una ruta tiene por objeto determinar las condiciones bajo las cuales deberá trabajar. Se apoya en un conjunto de cálculos directos o en el empleo de algún método de simulación de la operación.

Como datos para efectuar el cálculo se usan los de un conjunto representativo de factores físicos de proyecto.

Siempre es posible obtener alguna solución para estos problemas mediante un simple cálculo directo de gran sencillez. No obstante conviene también conocer otros métodos de análisis que permitan incorporar una mayor cantidad de los aspectos que condicionan la operación:

Por ejemplo, una solución trivial puede consistir en suponer un tiempo global de la vuelta, extrayendo de ahí el número de giros que puede dar una unidad en el día y, consecuentes con una frecuencia establecida de antemano, concluir el resto de los aspectos operativos. Tal enfoque, aunque perfectamente lícito para un primer acercamiento a los problemas del diseño operativo, como se verá en el ejemplo siguiente deja de lado muchos detalles de la operación. Veamos.

Problema 2.5.

Proyectar un servicio de transporte a partir de los siguientes datos:

Longitud de la vuelta:	Lr	= 11.5 km.
Demanda máxima en HMD:	VP	= 60 pas/hr.
Velocidad comercial:	Vc	= 10 km/hr.
Tiempo en terminales:	tt	= 10 min = 0.167 hr.
Capacidad unitaria:	CU	= 10 pas/veh.
Amplitud del servicio:	As	= 16 hr (en dos turnos).

Se quiere determinar:

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- 1) La frecuencia de operación recomendable.
- 2) El número de vueltas por unidad (Nv) en la jornada.
- 3) Los vehículos netos requeridos (Nn).
- 4) El número total de unidades (Nt), con una eficiencia Ef = 0.8 (80%)

Solución:

1) Frecuencia de operación.

Para obtener la frecuencia de operación se puede hacer uso de la ecuación 2.6 anterior, como se anota en seguida:

$$F_o = \frac{VP(HMD)}{CU} = \frac{60}{10} = 6 \text{ veh/hr; } (i = 10 \text{ min})$$

2) Número de vueltas por unidad.

La duración de la vuelta Tv, se calcula a partir de la longitud Lr, del tiempo de espera en la terminal tt, y de la velocidad comercial Vc. Así, la duración de la vuelta Tv es igual a la longitud de la vuelta Lr, dividida entre la velocidad comercial Vc, más dos veces el tiempo de permanencia en las terminales. O sea:

$$T_v = \frac{L_r}{V_c} + 2 t_t \quad (\text{ecuación 2.8})$$

sustituyendo valores, tendremos:

$$T_v = \frac{11.5}{10} + 2 \times 0.167 = 1.15 + 0.33$$

es decir:

$$T_v = 1.48 \text{ hr, o sean: } 1 \text{ hr y } 29 \text{ minutos.}$$

A continuación, como el servicio cubre una jornada As = 16 horas, sin considerar descansos adicionales para los vehículos, el número de vueltas Nv que alcanza a dar cada uno de ellos es igual a la duración de la jornada laboral As, dividida entre la duración de la vuelta Tv. Así:

$$Nv = \frac{As}{Tv} \quad (\text{ecuación 2.9})$$

sustituyendo valores:

$$Nv = \frac{16}{1.48} = 10.8$$

o sea, en números cerrados, 10 vueltas/veh.

3) Número necesario (neto) de vehículos.

La frecuencia de operación es de 6 veh/hr, o sea, opera según un intervalo de salida i de 10 minutos (equivalente a $i = 0.16$ horas). Sabiendo además que para cada vuelta se toman 1.29 hr (una hora y 17 minutos), para la sola operación harían falta:

$$Nn = Tv \times Fo \quad (\text{ecuación 2.10})$$

es decir:

$$Nn = 1.48 \times 6 = 8.88 \text{ (9 unidades).}$$

4) Número total de vehículos.

El número total de vehículos se obtendrá finalmente de la división del número neto Nn , entre el valor de la eficiencia aceptada:

$$Nt = \frac{Nn}{Ef} = \frac{8.88}{0.80} = 11.10 = 11 \text{ vehículos.}$$

Tal y como se comentó antes, este método tiene numerosas limitaciones que impiden resolver algunos problemas más de la operación. Por ejemplo: no sería posible saber cuáles son las velocidades en los tramos y por lo consiguiente no se podrían hacer los ajustes de tiempo correspondientes a velocidades de tramo distintas; ni tampoco se sabría cuántas y cuáles de las paradas actuales podrían ser suprimidas para aumentar la

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

velocidad; o cuánto tiempo se pierde a causa de los semáforos o con motivo del ascenso y el descenso de los pasajeros, y a lo que podría buscársele remedio; etc. Esa falta de conocimiento, aunque fuera parcial, impide adoptar medidas eficaces y oportunas para mejorar el servicio.

Si se deseara hacer intervenir más información con el fin de dar respuesta a esas preguntas, el método del cálculo directo se complica considerablemente, haciéndose necesario entonces efectuar las operaciones de alguna manera más sistemática para evitar errores. Una sistematización del proceso que permitiera conseguir las respuestas apetecidas obligaría a:

- a) Hacer el análisis de tiempos por tramos, en lugar de hacerlo globalmente para toda la vuelta;
- b) Incluir en el análisis datos sobre el ascenso y descenso de pasajeros en los puntos de parada;
- c) Manejar alguna manera de medir las interferencias variables (semáforos) así como las demás causas de los retardos, cuyos efectos no tienen duración constante (tiempos en paradas, demoras a causa de los congestionamientos de tránsito, etc);
- d) Poder calcular las variaciones provocadas por algún cambio cualquiera en la frecuencia de operación; o sea, establecer qué ocurriría si en un lapso del día no pudiera respetarse la frecuencia de diseño; etc.

Todo esto sólo puede conseguirse por medio del manejo de procesos de cálculo complejos o mediante algún método o modelo de simulación. El tema se trata con el debido detalle en el siguiente capítulo.

Resumen

En este capítulo se han estudiado las expresiones y métodos más simples del análisis operativo. Esto es congruente con la idea de enfocar la operación partiendo desde sus fundamentos, es decir: planteando y explicando las definiciones básicas y los conceptos elementales por primera vez de forma integral. En el capítulo que sigue se incursionará en el conocimiento de cuestiones mucho más complejas que, sin ser ajenas a lo que se acaba de tratar, habrán de permitir perfeccionar lo aprendido.

ANEXO 2.1

Descripción del Modelo de Stelson⁷

El modelo de Stelson se emplea para determinar el número de estaciones de las líneas de *transporte radial*.⁸ Por la simplicidad de su manejo y la precisión que alcanzan sus resultados, el modelo de Stelson proporciona un método muy adecuado para establecer la distribución teórica de los puntos de ascenso y descenso de pasajeros. A continuación se dan los principales lineamientos del modelo. La expresión de Stelson es la siguiente:

$$T_{tot} = \frac{I}{2} + T_d + \frac{V_{m\acute{a}x} L}{A_{m\acute{a}x} V_{m\acute{a}x}} + \left[T_d + \frac{V_{m\acute{a}x}}{A_{m\acute{a}x}} \right] n + \left[\frac{2(LW/\pi)^{1/2}}{3V_w} \frac{1}{n^{1/2}} \right]$$

En donde las expresiones incluidas tienen los significados que se indican:

- T_{tot} = Tiempo total de viaje.
 I = Intervalo de paso del servicio proyectado (en la HMD).
 T_d = Tiempo de parada.
 $V_{m\acute{a}x}$ = Velocidad máxima de los vehículos.
 $A_{m\acute{a}x}$ = Aceleración máxima permisible de las unidades de transporte.
 L = Longitud de la ruta.
 V_w = Velocidad de acceso a las estaciones (caminando o en otro vehículo).
 W = Anchura de la cuenca de captación.
 n = Número de estaciones.

El número de estaciones no está fijado explícitamente. Lo que debe hacerse es calcular el valor que va adquiriendo T_{tot} para distinto número de estaciones. Es decir: se parte de los parámetros básicos L , I , T_d , $V_{m\acute{a}x}$, V_w , etc, y se calculan los tiempos totales de viaje T_{tot} para $n = 1, 2, 3, \dots, n$, y a

⁷ Thomas E. Stelson. "Transportation. Steps to the Ultimate". Carnegie Institute of Technology. 1972.

⁸ Se define como "línea radial" aquel servicio de transporte de pasajeros orientado al manejo de grandes volúmenes entre puntos de la periferia y la región central (*N del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

partir de esos resultados se construye una gráfica de la que se puede inferir el mejor valor de n . En otras palabras, cada valor de n implica un gasto de tiempo de los usuarios; el mejor valor de n está dado por el menor tiempo consumido al transportarse.

Problema

Determinar el número adecuado de estaciones de una línea expés de transporte con las siguientes características:

Longitud (L)	-	8.1 km
Anchura de la cuenca de captación (W)	-	1.5 km
Intervalo de paso (I)	-	120 seg
Tiempo de parada (Td)	-	20 seg
Velocidad máxima (Vmáx)	-	70 km/hr
Aceleración máxima (Amáx)	-	4 Km/hr/seg
Velocidad de acceso (Vw)	-	4 km/hr (pasajeros que llegan a pie)

Solución:

Aplicando las cifras citadas a la expresión de Stelson se tiene, para los términos constantes y los diferentes valores de n , los siguientes tiempos.

Términos constantes:

$I/2$	-	60 seg.
Td	-	20 seg
$Vmáx/Amáx$	-	$70/4$ - 17.5 seg
$L/Vmáx$	-	$8.1/70 \times 3,600$ - 411.4 seg

Coefficiente de n:

$$Td + Vmáx/Amáx = 20 + 17.5 = 37.5 \text{ seg}$$

- f) **Velocidad real de marcha:** Esta es una velocidad establecida por un cálculo que parte del tiempo de trayecto calculado y de la distancia interestación. Para cada tramo entre las paradas, se obtiene el cociente de su longitud entre el tiempo de trayecto calculado, el cual ya toma en cuenta las interferencias que existen en la interestación.
- g) **Tiempo de parada:** Es una medida de la duración de la parada en función del número de personas que suben y que bajan de las unidades, y del retraso que acusa el vehículo por el hecho de detenerse. En el caso del ascenso y descenso, el tiempo es variable y se calcula mediante las ecuaciones 2.3 y 2.4 que se estudiaron en el apartado 2.2.3 del Capítulo 2 anterior. Aparte, para tomar en cuenta el retraso por la sola detención del vehículo, se considera un valor constante de 0.3 de minuto (18 segundos) cada vez.⁷
- h) **Tiempo interestación:** El tiempo interestación es sencillamente la suma del tiempo de trayecto calculado, más el tiempo de parada, en cada tramo o interestación. En función del cambio que ocurra entre uno y otro cálculo en los componentes del tiempo interestación (el tiempo de trayecto y el tiempo de parada), éste aparentará ser variable. Como en los casos del ascenso y el descenso, dicha variabilidad es una réplica de lo que sucede durante la ocurrencia de más de un viaje.
- i) **Tiempo interestación acumulado:** Se construye sumando en cada tramo los tiempos interestación anteriores. Es una medida del tiempo global de viaje, medido a la altura de cada tramo en cuestión.
- j) **Velocidad comercial:** Es la velocidad que alcanza una unidad de transporte cuando en la cuantificación de los tiempos de viaje se le incluye todo tipo de efectos retardadores de la marcha, sean estos causados por las interferencias o por el movimiento normal de pasajeros. Se calcula en cada tramo dividiendo su longitud entre el tiempo interestación. Para la operación general de las rutas, se obtiene dividiendo la longitud global del trayecto entre el tiempo total de la vuelta.
- k) **Tiempo-viajero por interestación:** Es un cálculo del tiempo consumido durante el viaje. Se obtiene multiplicando la cifra de personas a bordo por el

⁷ Esta cifra fue estimada en México, D.F. en 1991, a partir de un gran número de observaciones efectuadas sobre autobuses en movimiento. Es un valor susceptible de verificarse en cada localidad, sustentándolo en investigaciones propias (N del A).

tiempo interestación. En la hoja, la suma de la última columna dará el total del tiempo de viaje de todos los pasajeros.

D) Resultados del análisis de la operación

Por "*análisis de la operación*" se debe de entender el manejo que se haga de los resultados de la aplicación del modelo. Ya en posesión de las cifras finales del cálculo, será preciso interpretarlas para basar en ellas el diagnóstico de la ruta, o bien, establecer la manera de llevar a la práctica lo que se haya definido. Esta actividad de aplicación será motivo de un comentario separado que se hará más adelante.

El modelo que se explica proporciona normalmente un resumen selecto de resultados; por lo general, son sumas o promedios acumulados a lo largo de las "corridos" efectuadas. A menudo basta con analizar dichos resultados para deducir qué está sucediendo, llegándose a optar por la continuación o por la modificación del proceso.

(se puede hacer un primer análisis inclusive cuando aún no se han completado las «corridos» previstas)

La verificación de los resultados parciales puede presentarse en dos formas. En una primera opción, (ver la Figura 3.3) puede aparecer continuamente en alguna pantalla el monitoreo del proceso, ésta mostraría siempre los siguientes conceptos:

- 1) Las referencias generales del proyecto que se estudia.
- 2) Los principales datos de entrada, es decir:

- el nombre de la ruta,
- el número y nombre de las paradas,
- la longitud de la vuelta,
- la capacidad de los vehículos (nominal o estipulada),
- la demanda horaria implicada y
- la frecuencia de operación, cuando ésta se supone fija.

- 3) Algunos resultados relevantes, o sean:

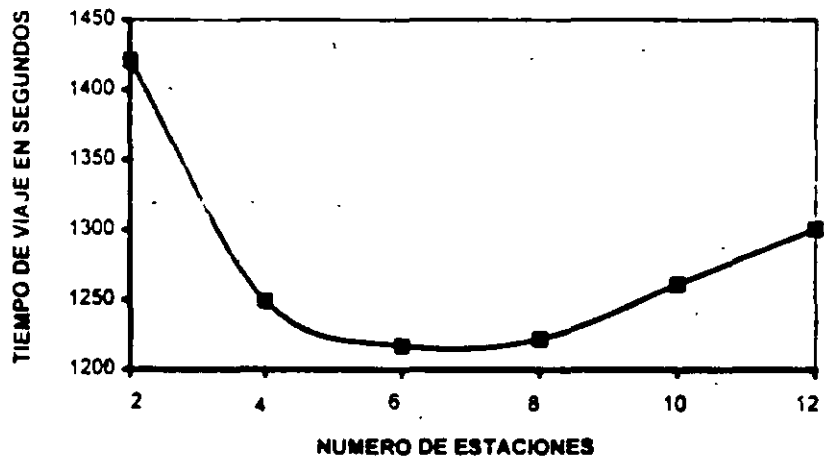
- el número de corridas efectuadas,
- la frecuencia, cuando ésta es un parámetro buscado,
- el número de vehículos necesarios para operar,

Componente de zona:

$$\frac{2(LW/p)^{1/2}}{3 Vw} = \frac{3.93 \times 3,600}{3 \times 4} = 1,180 \text{ seg}$$

Tabulando los términos para los valores de n (cifras en segundos):

n	1/n ^{1/2}	Td + Vmx/Amx x n	1,180 x 1/n ^{1/2}	SUMA	RESULTADO
2	0.71	75.0	837.8	1,421.7	Valor mínimo para 6 estaciones.
4	0.50	150.0	590.0	1,248.9	
6	0.41	225.0	483.8	1,217.7	
8	0.35	300.0	413.0	1,221.9	
10	0.32	375.0	377.6	1,261.5	
12	0.29	450.0	342.2	1,301.1	



2	4	6	8	10	12
1421	1249	1217	1222	1261	1301

Figura 2.4 Número óptimo de estaciones

14/0

CAPITULO 3

LA OPERACION II. EL PLAN DE EXPLOTACION

3.1. Introducción

Se habla del **Plan de Explotación** de un sistema de transporte cuando en la definición general de los servicios se toman en cuenta todos los conceptos que intervienen en el programa de operación y a la vez se les da un enfoque de aplicación práctica. La misma expresión resume la idea de su significado: alude a aspectos operativos y asimismo contiene implícita la intención de que tal operación sea "económicamente redituable". Además, en su connotación de "*Plan*", conlleva la condición de que ha sido concebido con un fin particular. Por último, es imposible imaginar un Plan de Explotación sin un conjunto de normas de referencia.

Muy a menudo se da por sentado que el servicio de transporte debería ser instrumentado en proporción suficiente y al mismo tiempo resultar eficiente, pero muy pocas veces se da alguna idea sobre lo que significan en realidad tales términos. Ello obedece al hecho de que la normatividad específica de la operación es incompleta o está ausente en muchos de los organismos que controlan al transporte urbano.

Las normas operativas, aun pensadas en una versión mínima, deben fijar los criterios básicos en cuanto a las separaciones máxima y mínima entre las rutas; en cuanto a los intervalos de operación; en cuanto al espaciamento entre paradas; y en cuanto al tipo de unidad sugerida para cada caso en particular.

En la práctica, para la conformación de unas normas que pudieran servir de base para las estipulaciones reglamentarias habría que prever también cosas adicionales.

(Como una guía ilustrativa, en el Capítulo 10 se hace una síntesis de lo que puede ser una versión simple del contenido de tal conjunto de normas).

3.2. Análisis de oferta/demanda

Desde el punto de vista del Plan de Explotación, la demanda ya no es materia de generalizaciones tales como resultan de los estudios de planeación. Para lograr establecer con suficiente detalle la magnitud y el ritmo de la oferta, se hace necesario conocer con suficiente precisión cuál es la demanda en cada uno de los puntos de abordaje, así como de qué forma se comportará el usuario a lo largo del trayecto. Dicho de una manera sencilla: es preciso saber cuánta gente subirá y cuánta bajará en cada parada y cuánto tiempo durará el viaje.

Desde luego las cifras exactas no se pueden predecir, pero sí se puede obtener una idea aproximada del movimiento promedio y de su rango de variación. Nunca se podrá afirmar que en la parada tal va a subir un número A de pasajeros y van a bajar otros D. Pero bien se podría estimar, mediante algunos métodos apropiados, que van a subir, por ejemplo, 8 en promedio con una variación de ± 2 , ó que en promedio van a bajar 14, con una variación de ± 3 . En este capítulo se verá la forma de llegar a estimar dichos valores.

Una buena estimación de la demanda es necesaria tanto para un servicio nuevo como para alguno ya existente. Además, ningún esquema de demanda es eterno, la demanda varía continuamente; y aunque en verdad no sea necesario revisarla cada rato, resulta conveniente sujetarla a verificaciones periódicas que dependerán del tipo de servicio y del ámbito urbano en que se desempeñe éste; —revisión quiere decir ver qué tan apegado se está a una buena relación entre la oferta y la demanda—. En las rutas que se localizan en zonas de gran movilidad, habría que hacerlo casi por obligación cuando menos una vez al año.

No es sencillo establecer el grado de apego aceptable de la oferta con respecto a una demanda dada. Esto se debe básicamente a la manera tan diversificada como se manifiesta la demanda en cualquiera de los puntos donde se detecta. Por eso el simple cálculo del valor numérico de la relación oferta/demanda no es suficiente en tanto no se tipifique algún conjunto de condiciones más o menos estándar para medirla. Esto es lo que se pretende puntualizar en los párrafos siguientes.

En el apartado 1.3 se hizo mención de las variaciones típicas de la demanda, entre las cuales la que ejerce mayores efectos en el análisis operativo es la variación horaria. Cualquiera que sea el esquema de demanda de

que se trate (ver la Figura 1.10) gráficamente éste adoptará la forma de un polígono cuyos vértices coincidirán con la escala de las horas, generalmente indicadas en el eje horizontal. Y por otra parte, si trazáramos una gráfica horaria equivalente a la oferta, ésta a su vez se asemejaría a un *histograma de frecuencia estadística*, en donde las barras verticales trazadas en cada hora representan los viajes-persona o las plazas disponibles ofrecidas para satisfacer la demanda.

Ahora bien, para que la relación O/D (oferta/demanda) resulte satisfactoria, dicho cociente deberá ser mayor que la unidad. Es decir:

$$\text{Si } \frac{O}{D} > 1 \quad \Rightarrow \quad O > D$$

Lo cual indica que la oferta debe resultar superior a la demanda. Si ahora se superponen ambos esquemas, el contorno de la demanda quedará totalmente inscrito en el diagrama de oferta, —con tal que a toda hora la oferta supere a la demanda, tal y como ha sido supuesto—. De ahí se pueden percibir entonces ciertos aspectos de interés (ver Figura 3.1):

- a) El mejor apego entre los esquemas de oferta y demanda ocurre cuando a todo cambio de la demanda sucede un cambio respectivo en la oferta;
- b) Como las variaciones de la oferta deben referirse a números enteros de unidades de transporte, esos ajustes dejarán por lo general excedentes de oferta;
- c) Si se revisara hora tras hora la relación O/D, en cada caso el valor calculado sería diferente, sin que pudiera decirse que una relación es mejor que otra o que alguna de ellas es mejor que las demás.

Por todo lo anterior es necesario fijar en qué horario, o mejor dicho, dentro de qué lapso debe efectuarse la comparación entre la oferta O y la demanda D para valorar la efectividad de un servicio. En una primera instancia lo más adecuado es hacerlo para la Hora de Máxima Demanda —la HMD— realizando después los ajustes más convenientes para los otros horarios; sobre eso se abundará en el apartado 3.5.

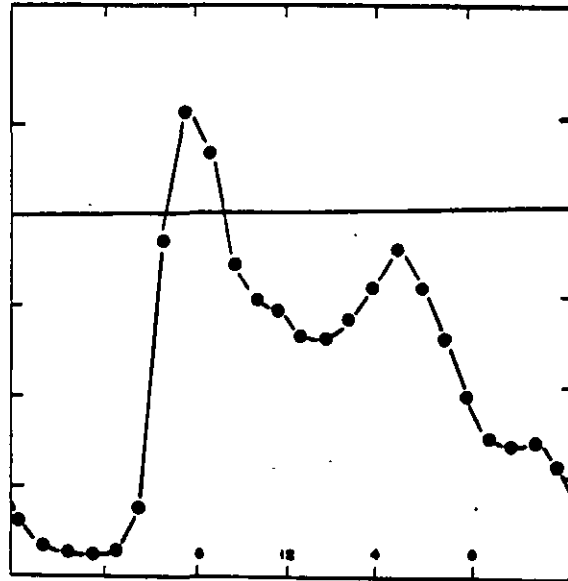


Figura 3.1.a Variación horaria de la demanda

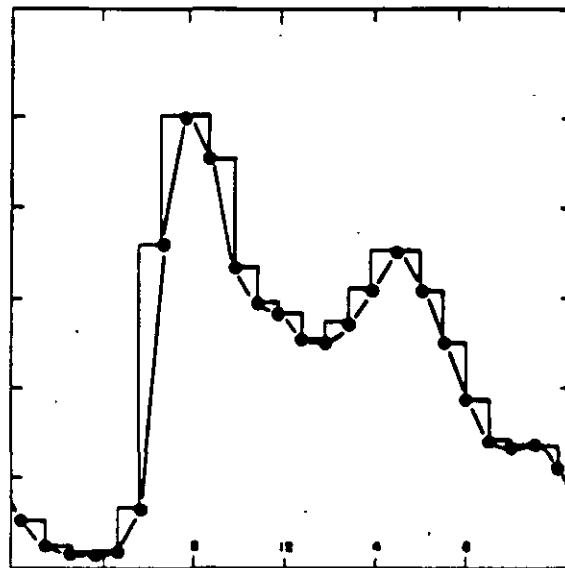


Figura 3.1.b Adecuación exacta de los esquemas de oferta y demanda

Figura 3.1. Adecuación exacta de los esquemas de oferta y demanda

Ahora bien, en cada período la demanda se satisface haciendo variar la oferta, y ya que las variaciones de la oferta se consiguen por lo general mediante cambios en la frecuencia de operación F_0 , pasaremos a comentar sobre ella.

3.3. Frecuencia de operación

La frecuencia de operación F_0 se debe calcular con base en los valores de la demanda; ya en el Capítulo 2 se estableció un método para estimar la frecuencia a partir de una demanda global dada (Problema 2.5.). En este capítulo se tratará el mismo tema pero de un modo más amplio y a la vez más detallado.

La demanda no es un valor que se mantenga constante, ya se vio que cambia a toda hora; pero habrá que agregar que también varía a lo largo de todo el trayecto. El aspecto de las variaciones horaria, diaria y estacional ya fue tratado en el Capítulo 1; en este nuevo capítulo se hará referencia a las variaciones que suelen presentarse a lo largo del recorrido, y que influyen de modo trascendente en el comportamiento de los transportes, modificando a su vez los efectos de la frecuencia.

Al variar la demanda debería cambiar la frecuencia de manera simultánea para mantenerlas ajustadas. Naturalmente, eso no es factible. En primer lugar, es impráctico desde cualquier punto de vista estar cambiando la frecuencia continuamente, y en segundo, existen oscilaciones locales de la demanda que son impredecibles y aun ajenas a los cambios horarios, (habría que agregar a esto un aspecto más: el de la sensibilidad de F_0 que se verá más adelante). Así pues, la oferta real de servicio, que se suele identificar con la frecuencia, es el producto de un ajustado compromiso entre la *demanda máxima local probable* —DMLP— y la correspondiente *oferta media de plazas disponibles* —OMPD— en el mismo punto. O sea, en cada parada debería cumplirse:

$$DMLP = OMPD$$

Obtener esto no es nada sencillo. Puede afirmarse que lo más que se logra es una buena aproximación en el corto plazo, y esto cuando la información de partida es buena y el cálculo se lleva correctamente y con el suficiente detalle. Aclararemos esto con un ejemplo muy sencillo y después explicaremos la forma de proceder para calcular las frecuencias más adecuadas.

Problema 3.1.

En una terminal de transporte se presentan habitualmente 60 pasajeros en la HMD, y en el mismo lapso hay otros 35 usuarios esperando en la siguiente parada. Se pide se establezca cuál es la frecuencia F_o más adecuada¹ si el cupo vehicular CU es de 10 pasajeros.

Solución:

Si el servicio es cada 10 minutos (o sea, con $F_o = 6$), las unidades saldrán de la terminal completamente llenas. Es decir, si la frecuencia es de 6 veh/hr y cada unidad tiene 10 lugares, la oferta es de $6 \times 10 = 60$ pas/hr, con lo cual en la terminal la oferta resulta exactamente igual a la demanda y no habrán plazas disponibles al arribar a la siguiente parada.

Si para mejorar la oferta cambiamos la frecuencia a 8 minutos (es decir, $F_o = 7.5$) la ocupación vehicular de salida bajaría a 8 pas/unidad ($60 \div 7.5 = 8$) y se tendría una disponibilidad de dos plazas en cada vehículo al arribar a la primera parada. Con ello se podría satisfacer una parte de la demanda local de la parada siguiente, ya que la oferta suplementaria es de 15 pas/hora; (2 plazas disponibles/vehículo por 7.5 unidades por hora). No obstante, en la parada en cuestión permanecerán aún 20 personas que no lograrían abordar; o sean, 35 usuarios que estarían esperando, menos las 15 plazas que se les ofrece.

Si otra vez cambiamos el intervalo de salida, a razón de un vehículo cada 6 minutos ($F_o = 10$), la oferta neta en la primera parada después de la terminal sería de 40 lugares: (de 10 unidades por hora multiplicadas por 10 plazas disponibles en cada vehículo resultan 100 lugares disponibles, menos 60 pasajeros que abordan en la terminal, arrojan los 40 lugares netos indicados). Esto permitirá cubrir la demanda en la terminal y en la primera parada, dejando un remanente de 5 lugares para la parada que sigue: (40 lugares ofrecidos menos 35 demandados en la primera parada, o sea una disponibilidad de 5).

Un aumento de 25% en la frecuencia (de $F_o = 6$ a $F_o = 7.5$), permite aumentar también 25% la captación (en vez de 60 pasajeros en la terminal, se captarían 75 entre la terminal y la primera parada) y más importante aún, se prestaría un mejor servicio. Con el segundo cambio el incremento es de 67% en la frecuencia y de 58% en la captación, por ello habría que ensayar alguna frecuencia intermedia, o revisar lo que ocurre más adelante. Luego pues, definir la frecuencia con apoyo en la demanda máxima, a menudo no basta, hay que revisar lo que sucede a lo largo de toda la ruta (ver la Figura 3.2.).

¹ Algunas cifras de F_o adoptadas en el ejemplo son poco prácticas. Se usaron por su valor didáctico (*W del A*).

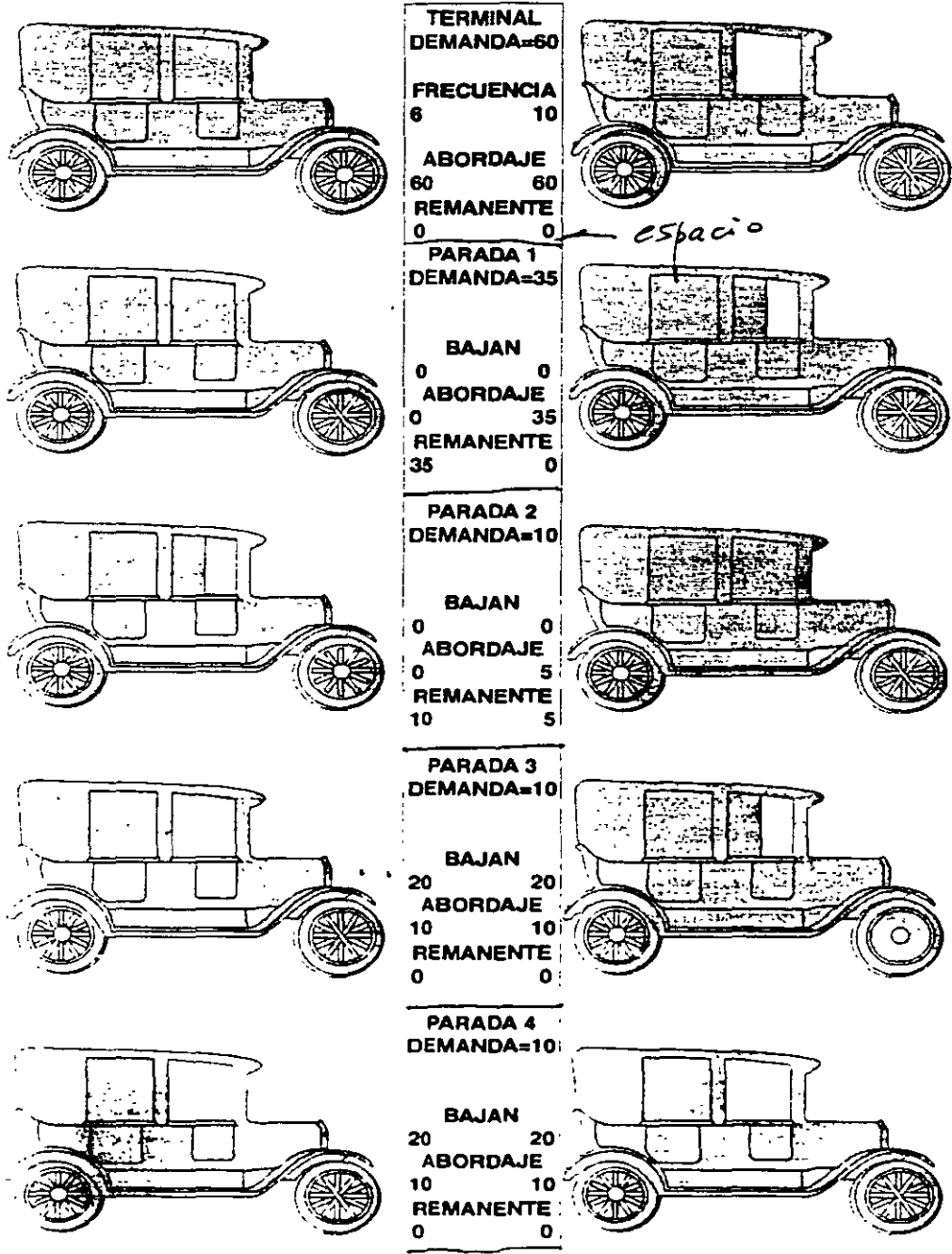


Figura 3.2. Base de deducción del Proceso DSF

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

La obtención de la frecuencia óptima consiste entonces en un análisis que debe hacerse parada tras parada, verificando en cada lugar la relación entre oferta y demanda. Es decir, tal y como se explicó en el ejemplo de antes, primero hay que presuponer una frecuencia, y con esa oferta y con los ascensos y descensos que ocurran en cada punto, se calcula la ocupación vehicular y el número de lugares disponibles. Si la oferta supera a la demanda en la mayoría de las paradas, la frecuencia deberá reducirse y hacer un nuevo ensayo. En cambio, si la demanda supera a la oferta, se debe aumentar la frecuencia para compensar las insuficiencias. Es fácil notar que el proceso en sí, pese a no ser de una gran complejidad numérica, resulta bastante laborioso, por lo que deben buscarse mecanismos para hacerlo más accesible. Veamos antes otro tipo de caso.

Problema 3.2.

Apoyándonos en los datos del Problema 2.5 (ver Capítulo 2,) incluyamos algunos aspectos adicionales. Recordemos en qué consistió el citado ejemplo. Los datos eran:

Longitud de la vuelta:	Lr	= 11.5 km.
Demanda máxima en HMD:	VP	= 60 pas/hr.
Velocidad comercial:	Vc	= 10 km/hr.
Tiempo en terminales:	tt	= 10 min = 0.167 hr.
Capacidad unitaria:	CU	= 10 pas/veh.
Amplitud del servicio:	As	= 16 hr (en dos turnos).

Y en ese momento se quería determinar:

- 1) La frecuencia de operación recomendable (F_o).
- 2) El número de vueltas por unidad en la jornada (N_v).
- 3) Los vehículos netos requeridos (N_n).
- 4) El número total de vehículos (N_t) según una eficiencia $E_f = 0.8$ (80%)

Los resultados del análisis fueron entonces:

1) Frecuencia sugerida	F_o	= 6 veh/hr.
2) El número de vueltas	N_v	= 10 vueltas/veh con $T_v = 1.48$ hr.
3) Los vehículos necesarios	N_n	= 9
4) Número total de unidades	N_t	= 11

Ahora los nuevos datos considerarán lo siguiente:

- La longitud de la vuelta L_r se estipula según sus tramos; es decir, se toma en cuenta la distancia existente entre las paradas;
- En cada tramo se contabiliza, además de los tiempos parciales de recorrido, el número de pasajeros que en promedio ascienden y descienden de las unidades;
- También se toman en cuenta las demoras causadas por los semáforos en cada tramo;

Como preguntas adicionales se plantean las siguientes:

- 5) ¿Cómo podría mejorarse la velocidad comercial V_c ?
- 6) ¿Cuál sería ahora la mejor frecuencia operativa?
- 7) ¿Cómo afectan ambos resultados el número neto de unidades necesarias para dar el servicio?

Podemos entrever que los resultados del análisis simplificado del Problema 2.5 no son convincentes; están incompletos y no permiten el planteo de opciones alternas para mejorar el servicio. Dichas posibilidades de enfoques alternativos quedan sugeridas con las nuevas preguntas; al terminar veremos que las respuestas a ellas nos dan una mayor comprensión del servicio. Toda la información suplementaria del problema se incluye en la Tabla 3.1.A que se muestra más adelante.

Solución:

5) Mejoramiento de la velocidad comercial V_c .

Para mejorar la velocidad comercial se plantean varias posibilidades que dependen de las circunstancias que afectan dicha velocidad, ya que una baja velocidad comercial obedece a tres motivos:

- a) Baja velocidad de marcha, debida a un excesivo número de detenciones (reducciones de velocidad al efectuar las paradas);
- b) Tiempos perdidos por semáforos y congestionamientos; y,
- c) Tiempos consumidos en el ascenso y descenso de pasajeros.

Para intentar mejorar la velocidad comercial se puede revisar el papel que juegan las paradas que se están efectuando, pensando en omitir aquellas que no estén plenamente justificadas y buscando reducir con ello los tiempos perdidos.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Tabla 3.1.A. Datos originales de la ruta y de la demanda.

TRAMO	LONGITUD DE TRAMO (en metros)	TIEMPO DE TRAYECTO (min:seg)	DEMORAS (en seg)		PASAJEROS QUE		PASAJE ABORDO
			SEMAFORO	A - D	SUBEN	BAJAN	
TR - 01	300	2:00	0	48	17	0	17
01 - 02	400	1:26	0	6	2	0	19
02 - 03	200	1:21	22	8	2	0	21
03 - 04	200	1:25	0	7	2	4	19
04 - 05	200	1:08	0	7	2	3	18
05 - 06	(*)190	0:53	0	6	0	2	16
06 - 07	350	1:46	0	5	0	1	15
07 - 08	300	1:59	34	0	0	3	12
08 - 09	390	2:58	20	0	0	0	12
09 - 10	(*)50	0:34	0	12	0	4	8
10 - 11	(*)90	0:42	0	4	1	0	9
11 - 12	200	1:12	0	6	0	2	7
12 - 13	200	0:58	0	5	1	0	8
13 - 14	200	0:55	0	4	1	0	9
14 - 15	(*)150	0:48	0	7	2	1	10
15 - 16	200	0:59	0	0	0	0	10
16 - 17	200	0:54	0	6	0	2	8
17 - 18	400	2:12	0	4	0	1	7
18 - 19	200	1:31	36	4	1	0	8
19 - 20	(*)150	1:10	24	5	1	0	9
20 - 21	400	2:06	38	0	0	0	9
21 - 22	200	1:54	54	4	0	1	8
22 - 23	(*)150	0:47	47	7	0	2	6
23 - 24	(*)150	0:48	38	0	0	0	6
24 - 25	1 900	8:49	0	4	1	0	7
25 - 26	400	2:20	0	4	1	0	8
26 - 27	600	3:53	0	5	1	1	8
27 - 28	(*)150	1:53	0	4	1	2	7
28 - 29	(*)140	1:30	14	4	1	0	8
29 - 30	(*)60	0:30	0	6	1	1	8
30 - 31	600	3:42	0	9	3	1	10
31 - 32	600	3:34	0	0	0	0	10
32 - 33	200	1:13	20	11	3	4	9
33 - 34	990	4:42	0	0	0	0	9
34 - TR	400	2:39	0	0	0	9	0
SUMAS	11.510	66:03	208	202	44	44	.
MEDIA	328.9	1:53			1.2	1.2	10.1
%		100.0	7.4	7.2	.	.	.

Fuente: Ruta 3 de Taxis Colectivos. León, Gto. Mayo de 1989.

Como una guía general el transporte de superficie debe tener sus paradas espaciadas cada 500 m por término medio, pudiendo variar la distancia entre 400 m como mínimo y 1,500 m como máximo. Estas reglas no deben considerarse de manera absolutamente rígida, porque muy bien puede haber casos en que esté bien justificada una distancia diferente, pero en lo general la recomendación es correcta. Por ello en este problema resulta necesario revisar el esquema de paradas y, de ser posible, cancelar algunas conservando sólo las más solicitadas.

En la Tabla 3.1.A puede observarse que la distancia interestación promedio es de 328.9 m, existiendo 10 casos (señalados con un asterisco) en que la separación entre las paradas es menor de 200 m. Como además en esos 10 puntos subieron sólo 7 personas (menos de una en promedio) y bajaron 12 (1.2 en promedio) las paradas no se justifican.

Otra manera de mejorar la velocidad consiste en reducir las pérdidas de tiempo debidas a los semáforos. Esta alternativa no es factible en el caso de la Ruta 3 que se estudia, por dos motivos:

- a) En primer lugar, las pérdidas de tiempo originadas por los semáforos no son grandes; apenas 7.4% del tiempo total de trayecto;
- b) Es difícil de justificar una modificación en los programas de los semáforos que llevara a mejorar perceptiblemente el tiempo de recorrido de los vehículos de la Ruta 3, a menos que dicho cambio se planteara en el seno de un sensible mejoramiento vial.

Para la reducción de los tiempos de ascenso y descenso, se debería acondicionar los lugares de parada para organizar mejor el movimiento de usuarios; ello requeriría de acciones generalmente fuera de los alcances de los encargados de la operación de las rutas. Como resumen, en el caso del problema la manera de mejorar la velocidad comercial radica inicialmente en la depuración del esquema de paradas.

La Tabla 3.1.B muestra una nueva distribución de las paradas, una vez canceladas diez de ellas y hecha también la reasignación del ascenso y el descenso entre las restantes. Con ello la distancia interestación subió de 328.9 m a 460.0 m, ó sea, 40% más.

Consecuentemente, los tiempos de trayecto también se modifican.

(Para comportamientos comunes en la circulación urbana, es normal encontrar que la cancelación de cada parada reduce el tiempo de trayecto entre 20 y 30 segundos, dependiendo de las condiciones del tránsito).

Dichos cambios ya quedaron anotados en la tabla; por lo mismo se puede constatar un incremento de 10.4 a 11.3 km/hr (8.6% más) en la velocidad comercial.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Tabla 3.1.B: Datos modificados de la ruta y de la demanda.

TRAMO	LONGITUD DE TRAMO (en metros)	TIEMPO DE TRAYECTO (min:seg)	DEMORAS (en seg)		PASAJEROS QUE		PASAJE ABORDO
			SEMAFORO	A - D	SUBEN	BAJAN	
TR - 01	300	2:00	0	48	17	0	17
01 - 02	400	1:26	0	6	2	0	19
02 - 03	200	1:21	22	8	2	0	21
03 - 04	200	1:25	0	7	2	4	19
04 - 06	390	1:21	0	12	2	5	16
06 - 07	350	1:46	0	5	0	1	15
07 - 08	300	1:59	34	0	0	3	12
08 - 09	390	2:58	20	12	0	4	8
09 - 12	340	1:48	0	13	1	6	7
12 - 13	200	0:58	0	15	1	0	8
13 - 14	200	0:55	0	4	1	0	9
14 - 16	350	1:27	0	6	2	0	9
16 - 17	200	0:54	0	6	0	2	8
17 - 18	400	2:12	0	4	0	1	7
18 - 20	350	2:21	36	6	2	0	9
20 - 21	400	2:06	0	0	0	0	9
21 - 24	500	2:49	54	5	0	3	6
24 - 25	1 900	8:49	0	4	1	0	7
25 - 26	400	2:20	0	4	1	0	8
26 - 28	750	5:08	0	7	2	3	7
28 - 31	600	5:02	0	12	5	2	10
31 - 32	600	3:34	0	0	0	0	10
32 - 33	200	1:13	20	1	3	4	9
33 - 34	990	4:42	0	0	0	0	9
34 - TR	400	2:39	0	0	0	9	0
SUMAS	11,510	61:13	208	170	44	44	-
MEDIA	460.0	2:26	-	-	1.76	1.76	10.6
%	-	100.0	7.4	7.2	-	-	-

6) Definición de la mejor frecuencia operativa.

En la búsqueda del mejor valor de la frecuencia F_0 habría que tomar en consideración algunos aspectos aún no tratados; por ejemplo, el grado de ocupación y el pasaje transportado por unidad y por día; eso lo veremos más adelante.

Con las nuevas condiciones de circulación el tiempo global de trayecto en un sentido se redujo de 66.0 a 61.1 minutos (ver los resultados en las Tablas), con ello el tiempo de la vuelta bajó también de 1 hora con 26 min, a 1 hora con 21 minutos (ver resultados del Problema 2.5); así, el número de corridas podría aumentar, si fuera necesario, de las 10

vuelatas/veh actuales hasta 13 eventualmente. Esto no significa que los pasajeros/veh/día transportados aumenten en igual proporción; Sólo si la demanda superara en mucho a la oferta, el volumen transportado aumentaría; de otro modo sería casi del mismo orden.

A pesar de las cifras observadas de la ocupación vehicular —que como puede verse, subió de 10.1 a 10.6 pas/veh—, conviene conservar la frecuencia tal y como está, para no reducir el confort y que el ahorro de tiempo se traduzca en economías de dinero al reducir el consumo de combustible y el desgaste mecánico de las unidades. Se recomienda pues dejar la frecuencia de operación $F_o = 6$ veh/hr, haciendo el ajuste de horario en el tiempo de permanencia en las terminales.

7) Número necesario de unidades.

El número de unidades que haría falta para una prestación eficiente del servicio deberá ser entonces ajustado. Así, se tendrá:

$$N_n = T_v \times F_o = 1.35 \times 6 = 8.1 \text{ veh, (en vez de 9).}$$

y $N_t = 8.1/0.8 = 10$ vehículos en vez de 11.

Aunque no se manifiesta ningún cambio dramático —ya que sólo se redujo en 1 la cantidad de vehículos netos necesarios y en 1 también el número total— el ejemplo muestra un método de cálculo y razona sobre los criterios que deben seguirse en los análisis. Asimismo, es bueno resaltar algunas otras consecuencias del cambio.

- a) Al contar a todas las unidades, el ahorro de tiempo, de 4.3 minutos por vuelta representa 43 minutos-vehículo al día economizados. Es decir, 344 min/día. A pesar de ese ahorro, en este caso es conveniente reducir aún más el número de paradas, eliminando aquellas situadas a menos de 300 m (6 paradas menos).
- b) Un aumento de 8.6% en la velocidad comercial V_c , significa una reducción equivalente en el tiempo de traslado de los usuarios. Si admitimos una cifra diaria de 200 pasajeros transportados por vehículo, el tiempo ahorrado resulta considerablemente multiplicado.

Aunque el análisis mejoró bastante los resultados con respecto a los del Problema 2.5 original, conserva aún ciertas imprecisiones que ya no sería posible resolver por medio del cálculo directo. Veamos cuáles son:

- El tiempo de los semáforos se ha considerado fijo e igual al de los valores observados durante el estudio de demoras de la ruta. Así, si durante los recorridos de observación algún semáforo estuvo en verde, teóricamente el tiempo perdido sería nulo, aunque a lo largo de la jornada real muchas unidades vayan a encontrar a su paso la luz roja.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- Algo semejante ocurre con el ascenso y el descenso. Las cifras consignadas en las tablas son las de una muestra, de modo que en los puntos donde se midieron digamos, P usuarios, tal valor se supuso constante para todas las unidades. Esto no ocurre así en la práctica, la cifra P es un promedio que ciertamente va a cambiar de un vehículo a otro.
 - Finalmente, tenemos el caso de las velocidades de trayecto. La velocidad en cualquier tramo del recorrido no es constante a lo largo de la jornada; es variable entre un vehículo y otro dentro de ciertos límites. Eso también podría llegar a modificar más los resultados.
-

Ninguno de los aspectos resaltados en el ejemplo es desdeñable. Cuando se trata con servicios de transporte que involucran muchos vehículos, o bien cuando se presentan numerosas interferencias a lo largo del recorrido, las suposiciones implícitas en el cálculo directo de la frecuencia pueden ser muy engañosas y así también los resultados. El cálculo directo tiene limitaciones importantes que casi nunca se toman en cuenta por la comodidad que reporta.

Bajo tales consideraciones, la determinación de la frecuencia óptima según los conceptos citados en los párrafos anteriores debe ajustarse a siete pasos que pasaremos a comentar en seguida y que serán aclarados con otro ejemplo

Con fines de identificación denominaremos a esta metodología como Proceso DSF² —*Determinación Sistematizada de Frecuencias*—. En el diagrama de la Figura 3.2 se le ilustra en forma esquemática apoyándolo en los datos del Problema 3.1. La tesis subyacente —es decir, el razonamiento que guía la secuencia del análisis— es relativamente simple: antes de adoptar una frecuencia de operación dada, ésta debería ser verificada a todo lo largo del trayecto para constatar su efecto en cada parada y no sólo en el punto de mayor demanda. La secuencia metodológica es la siguiente (ver la Figura 3.3):

² La sistematización de la búsqueda de la frecuencia óptima mediante un algoritmo semejante al DSF es, hasta donde se sabe, inédita. La tesis funcional del proceso sirvió de base para el diseño del modelo MOR que se describe después. (Véase A).

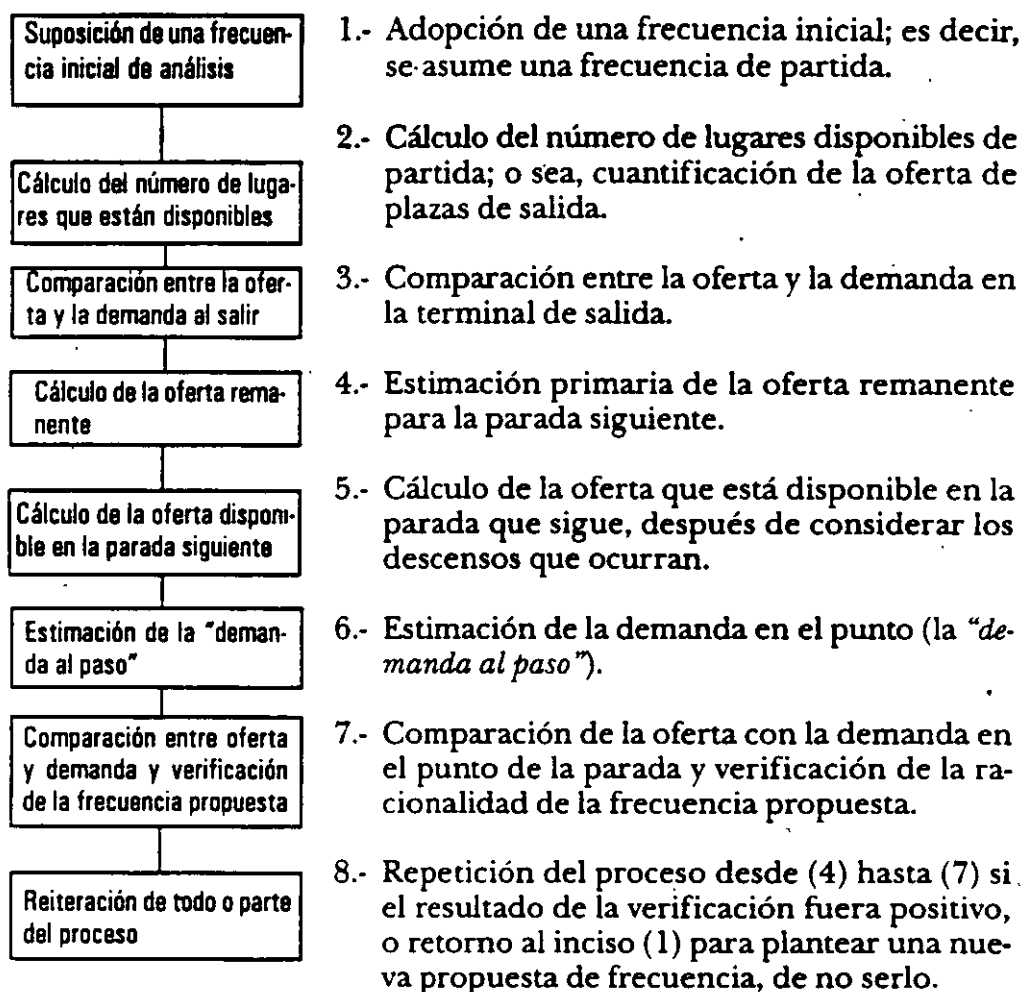


Figura 3.2. Diagramación del Proceso DSF

Problema 3.3.

La Tabla 3.2 muestra los ascensos y descensos esperados en las paradas de una ruta de microbuses. Se pide (a) determinar el efecto real de utilizar el método directo para definir la frecuencia y (b) comparar el resultado con el que se obtendría a través del método DSF. Los restantes datos significativos son los siguientes:

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Longitud de la vuelta L_r = 11.5 km.
Velocidad comercial V_c = 27 km/hr
Capacidad vehicular C_U = 24 pas.

Tabla 3.2. Demanda detectada y descensos en una ruta de transporte

CONCEPTO/PARADA	Terminal I	Parada 1	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5	Terminal II	Sumas
Demanda detectada	290	10	30	78	48	11	0	467
Pasaje que baja (*) (*) Valores muestra	0	0	1	3	3	3	19	29

Explicación para entender el proceso DSF:

Se recomienda construir un cuadro similar al de la Tabla 3.3 de la página siguiente. En seguida describiremos su estructura. El cálculo se hace para una hora y debe usarse una hoja distinta para cada valor propuesto de la frecuencia de operación.

En cuanto a las columnas de la Tabla 3.3, la segunda describe los conceptos que intervienen, y a partir de la tercera, cada una tiene los datos y resultados correspondientes a todas las paradas, desde la terminal de arranque hasta el último punto de abordaje o de descenso. Al final aparece una columna que permite ubicar las sumas y los promedios.

En cuanto a los renglones, en el primero va el nombre de la parada; en el segundo la distancia entre paradas; en el tercero la demanda detectada por parada, y a partir del siguiente renglón se incluye:

- en el cuarto: la *demanda al paso* del vehículo;
- en el quinto: las plazas disponibles;
- en el sexto: los pasajeros que bajan;
- en el séptimo: los pasajeros que suben;
- en el octavo: los pasajeros abordo;
- en el noveno: las plazas remanentes;
- en el décimo: la demanda no atendida;
- en el undécimo: la demanda atendida
- en el duodécimo: la relación oferta/demanda local.

Tabla 3.3 Cuadros de aplicación del Proceso DSF

Caso a. APLICACION CON UNA FRECUENCIA $P_0 = 12$

Capacidad vehicular	24 pas/veh
Frecuencia propuesta	12 veh/hora
Intervalo de paso	5.0 minutos
Longitud de la ruta	11,500 metros
Velocidad comercial	27 km/hora
Num. de vehiculos	6 veh

Pasajeros/vehiculo	29
Pasaje servido	348
Demanda no atendida	48
Captación (pas/veh)	58
Eficiencia	75%

CALCULO DIRECTO	
Frecuencia calculada	12

Fm No.	CONCEPTO	Terminal Parada 1 Parada 2 Parada 3 Parada 4 Parada 5 Terminal							SUMAS Y
		PRÓMEDIOS							
1	PARADA								
2	Distancia Interestación								
3	Demanda de vehículos	200	10	30	70	40	11	0	487
4	Demanda al paso	24	1	3	7	4	1	0	5.7
5	Plazas disponibles	24	0	0	1	3	3	5	5.1
6	Pasajeros que bajan	0	0	1	3	3	3	19	29
7	Pasajeros que suben	24	0	0	1	3	1	0	29
8	Pasaje abordo	24	24	23	21	21	19	0	18.8
9	Plazas restantes	0	0	1	3	3	5	24	5.1
10	Demanda no atendida	0	1	4	10	11	11	11	48
11	Demanda atendida	24	24	24	25	28	28	28	29
12	Relación oferta/demanda	1.00	0.96	0.88	0.71	0.72	0.73	0.73	

Caso b. APLICACION CON UNA FRECUENCIA $P_0 = 15$

Capacidad vehicular	24 pas/veh
Frecuencia propuesta	15 veh/hora
Intervalo de paso	4.0 minutos
Longitud de la ruta	11,500 metros
Velocidad comercial	27 km/hora
Num. de vehiculos	7 veh

Pasajeros/vehiculo	29
Pasaje servido	435
Demanda no atendida	8
Captación (pas/veh)	62
Eficiencia	93%

CALCULO DIRECTO	
Frecuencia calculada	12

Fm No.	CONCEPTO	Terminal Parada 1 Parada 2 Parada 3 Parada 4 Parada 5 Terminal							SUMAS Y
		PRÓMEDIOS							
1	PARADA								
2	Distancia Interestación								
3	Demanda de vehículos	200	10	30	70	40	11	0	487
4	Demanda al paso	19	1	2	5	3	1	0	4.4
5	Plazas disponibles	24	5	4	3	3	3	5	6.7
6	Pasajeros que bajan	0	0	1	3	3	3	19	29
7	Pasajeros que suben	19	1	2	3	3	1	0	29
8	Pasaje abordo	19	20	21	21	21	19	0	17.3
9	Plazas restantes	5	4	3	3	3	5	24	6.7
10	Demanda no atendida	0	0	0	2	2	2	2	8
11	Demanda atendida	19	20	22	25	28	28	28	29
12	Relación oferta/demanda	1.00	1.00	1.00	0.93	0.93	0.94	0.94	

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

La mecánica del cálculo se lleva del cuarto al undécimo renglón.

En el cuarto renglón se anota la demanda calculada al paso de cada vehículo, la cual se obtiene de dividir en cada punto la demanda de la hora entre los vehículos que pasan (la frecuencia de operación). En el quinto renglón se anotan los lugares libres que hubieran quedado en la parada anterior. En la terminal las plazas libres las definen los valores de CU y Fo.

En el sexto y el séptimo renglones se asientan los pasajeros que bajan y los que suben respectivamente en la parada, así, el resultado que aparece en el octavo renglón es el pasaje abordo de la unidad, después del ascenso y el descenso ocurrido.

En el noveno renglón se consignan las plazas remanentes, cuando la disponibilidad de ellas hubiera superado a la demanda en el lugar. En el caso contrario, en el renglón décimo se anotará el exceso de demanda, o sea, la demanda no atendida al paso de los vehículos. De estas cifras interesará no tanto lo que pudiera suceder en una parada cualquiera, sino lo que ocurra al final del viaje.

En el undécimo renglón se anota la demanda atendida.

En el duodécimo renglón se indicará el resultado de dividir la oferta local entre la demanda también local. Tal valor podría ser entonces mayor, igual o menor que uno, dependiendo de si la oferta supera, es igual o es menor que la demanda.

Solución:

Asumiendo los datos del Cuadro 3.3 veamos lo que resulta, hablando numéricamente, de aplicar el método DSF a una frecuencia de partida estimada de acuerdo con la fórmula del cálculo directo (ver el Caso a).

a) Resultado de aplicar la Fo del método directo.

Ahora bien, a partir de la ecuación 2.6 se tiene:

$$F_o = \frac{VP(HMD)}{CU} = \frac{290}{24} = 12 \text{ veh/HMD}$$

Omitiendo el contenido de las tres primeras filas, donde se da el nombre, la distancia y la demanda global que hay entre las paradas, a partir de la cuarta fila aparecen los resultados que interesan por el momento. Así, en el cuarto renglón de la segunda columna —la demanda al paso—, está anotado el valor de 24. Esto significa que en ese lugar, la terminal, la

demanda que le toca al vehículo que está por salir es igual a la demanda horaria existente entre el número programado de ellos [la frecuencia F_0]. El vehículo que está en turno tiene pues 24 lugares a la disposición de los usuarios; eso se constata en la fila 5.

En las filas 6 y 7 se muestran los valores 0 y 24, lo cual quiere decir que no bajó nadie [fila 6] y en cambio subieron 24 personas [fila 7]. Esto es totalmente natural dado que el vehículo apenas comienza su viaje. Consecuentemente, como pasaje abordo (octava fila) aparece un 24, lo cual expresa que al salir la unidad lleva 24 pasajeros y ningún lugar disponible (novena fila).

Mediante una explicación semejante, en la primera parada hay cero lugares disponibles ya que, aunque existe demanda, como nadie baja tampoco nadie sube —no hay lugar— quedando 0 plazas remanentes para la segunda parada.

En la parada siguiente ocurre algo similar: hay una demanda al paso [fila 4] de 3 pero como nadie baja, nadie logra subir. En cambio, en la tercera parada bajan tres, lo que permite que aborden 3 de los 7 pasajeros que constituyen la demanda al paso, quedando un remanente de 4 y una oferta de cero lugares para la parada siguiente. Y así continúa hasta el final. (ver el Cuadro 3.3. Caso a).

La relación oferta/demanda local se calculará dividiendo la demanda atendida en cada parada entre la demanda al paso acumulada; en nuestro caso: $24 \div 24 = 1.00$ en la terminal de salida; $24 \div 25 = 0.96$ en la primera parada; 0.86 en la siguiente; y así sucesivamente.

En todo este análisis ya se tomó en cuenta que en algunas paradas el número de personas que pretendieran subir puede superar a los lugares vacantes. Este caso se tuvo que contabilizar (fila 10) esa demanda no atendida.

El resumen se muestra en la última columna. En él se consignan las sumas o los promedios de cada una de las filas, indicando el resultado alcanzado con una operación basada en la frecuencia que se haya fijado. Este problema, calculado con una frecuencia $F_0 = 12$ veh/hr, muestra en su resumen lo siguiente:

- La captación por vehículo fue de 58 pasajeros globales en la hora.
- En una vuelta lograron subir 29 pasajeros en cada vehículo; y como el cupo es de 24 pasajeros, la renovación fue de: $29 \div 24 = 1.20$;
- Eso significó atender 75% de la demanda ($348 \div 467 = 0.7451$);

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- Los pasajeros no transportados al final fueron 48 en cada vuelta;
- La ocupación promedio fue de 18.9 pas/vehículo/tramo;
- La relación oferta/demanda local promedio fue de 0.63;

b) Frecuencia óptima según el DSF. Comparación de resultados.

Veamos qué ocurre al cambiar la frecuencia F_o , cuando parte de la demanda no ha sido atendida (48 pas/HMD no logran acceder al servicio cuando $F_o = 12$). Supongamos entonces $F_o = 15$, y volvamos a aplicar el método DSF.

En el Cuadro 3.3. Caso b se reproduce la aplicación citada. Los aspectos que más destacan son los siguientes:

- A pesar de ser más, la captación por vehículo subió a 62 pasajeros en la hora.
- En una vuelta lograron asimismo subir 29 pasajeros en cada unidad;
- La demanda atendida subió a 435 -por el mayor número de vehículos en operación- y se atendió a 93% de los usuarios;
- Los pasajeros no transportados fueron sólo 8 por vuelta;
- La relación oferta/demanda promedio subió a 0.82.

El método DSF permite lograr mejores resultados sin provocar excesos en la oferta. Cuando se ensayan distintos valores de F_o , la comparación entre los diferentes resultados puede ser decisiva.

La discrepancia entre los resultados logrados con las dos frecuencias — $F_o = 12$ versus $F_o = 15$ — puede no parecer muy importante, pero el hecho es que la hay y su magnitud no es fácil de predecir.

El método DSF permite un diseño operativo más racional, ya que el principal defecto del cálculo directo convencional ha sido superado. Sin que estemos aún en la mejor opción de análisis, no cabe duda que se han logrado mejorar los procedimientos, en beneficio de unos resultados más realistas.

A veces, cuando parece no existir una buena explicación sobre el porqué un proyecto no funciona como debiera, la respuesta puede estar, y a menudo lo está, en los defectos propios del cálculo directo. El cálculo directo, tal y como lo hemos comentado aquí, es un buen recurso y a veces el único disponible; no es muy complicado y es fácil de entender y de interpretar. No obstante, conviene conocer sus limitaciones y, en su momento, sustituirlo por algún otro método más preciso como el DSF.

Como en muchas otras actividades, en el manejo de procesos de cierta complejidad numérica se consigue mejorar la eficiencia mediante el empleo de calculadoras, o mejor aún, con la ayuda de las computadoras, siempre y cuando se les pueda abastecer con programas propios para el objetivo buscado.

Cuando se trata de lograr una mayor precisión, hay que acudir a algún proceso o método de simulación. Por el momento no hay otro recurso mejor para encarar ese tipo de problemas en los que se tiene que manejar una multitud de variables, muchas de ellas sujetas a oscilaciones considerables de un día a otro y aun de una hora a otra.

Aquí vamos a presentar una versión funcional de tal tipo de modelo.³ En el apartado que sigue se da una descripción de él y de la forma de aplicarlo en problemas de transportación en ruta.

3.4. El modelo *MOR* (o cómo trabaja un modelo)

Un *modelo* es una representación que reproduce o ilustra sobre algún aspecto de la realidad. Conformes con esa definición se puede inferir que deben existir muchas clases de modelos, cada uno de ellos diseñado de acuerdo con el fin perseguido. Sin abundar en la taxonomía de los modelos, el MMOR se puede catalogar como un "*modelo matemático de simulación*".

Las representaciones matemáticas o modelos de simulación lo que hacen es efectuar una multitud de cálculos de una manera controlada para intentar reproducir algún fenómeno de una manera realista, aunque lo

³ El Modelo MOR fue desarrollado por el autor formando parte de un proyecto de transporte ideado para operar dentro de carriles confinados. Es a su vez un diseño avanzado de otro modelo más antiguo orientado al cálculo de los costos operativos de una ruta de autobús. Actualmente ambas versiones coexisten en un paquete no comercial de computación, al que se ha denominado "*Modelo para el Manejo Operativo de Rutas*". MMOR, aplicable a todo tipo de ruta de transporte de pasajeros mediante una computadora de escritorio. Este desarrollo data de 1988 y está actualizado a 1996. (W del A).

que haya de calcularse y la manera de hacerlo lo determina un técnico en la materia, y por lo común en los modelos operativos es bastante simple. Así planteado, lo que hace el MMOR es efectuar muchos cálculos para imitar las condiciones bajo las cuales está o debería estar operando un sistema de transporte. Veamos cómo lo hace.

Sinopsis del modelo MOR.

El modelo MOR es un programa de cómputo que resume y combina las numerosas cifras que intervienen en la operación de los transportes, para calcular las frecuencias adecuadas. Se le calibra para dar una solución a cada problema en particular.

3.4.1. Datos de entrada de un proceso de simulación

El proceso de simulación mediante el empleo del modelo MOR consiste, como ya se ha dicho, en efectuar un elevado número de cálculos a partir de ciertos datos de entrada, de manera que, en forma progresiva, vayan alcanzándose los valores óptimos de la operación. Salvo cuestiones muy específicas, casi todos los datos de entrada se obtienen de investigaciones hechas ex profeso.

Los datos de entrada incluyen las características propias de la ruta —nombre, paradas, distancia interestación, longitud total—, y los conceptos asociados a la operación —demanda, características del equipo, nivel de servicio, etc—. Vamos a ver cómo se estipulan esos datos con las cifras de un ejemplo real.

A) Características de la ruta

Se refieren a las propiedades más específicas y generales de la ruta donde se prestará el servicio. Entre ellas están, las siguientes (ver la Tabla 3.4).⁴

Denominación de la ruta:	Aragón - Calzada de las Armas.
Número de paradas:	52 (incluye a ambas terminales).
Denominación de las paradas:	Las de la Tabla 3.4, incluida.
Distancias interestación:	Las de la Tabla 3.4, incluida.
Longitud total:	34,560 m (de ida y de regreso).

⁴ La Tabla 3.4 mostrada en la página siguiente presenta diferencias con el texto. Esto se debe a los cambios ocurridos en el modelo. Obsérvese su similitud con la Tabla 3.3 del proceso DSF (W del A).

Tabla 3.4. Listado del detalle del contenido del MMOR (fragmento)

PROYECTO		Aragón-Armas		veh/hora	
CONCEPTOS GENERALES			15		70
ITERACIONES EFECTUADAS	- 15	ITERACIONES ESTIPULADAS	- 1	por vuelta	
AMPLITUD DEL SERVICIO	- 16	LONGITUD DEL VIAJE (m) -			
VUELTAS ANALIZADAS	- 15	HMD		Recorrido:	
FRECUENCIA EN LA HMD	- 15		0	4.0 mín. de intervalo	
OPERADOR DEL PROCESO	- 1		0		
DATOS DE LA RUTA		TERMINAL	ESTACION	ESTACION	
NUMERO DE ORDEN DE LAS PARADAS:		0	1	2	
DESIGNACIÓN DE LA PARADA:		Aragón	Calle 449	J. L. Fabela	
DISTANCIA DE INTERESTACIÓN:		100	900	800	
TIPO DE PARADA (0, 1, 2, 3 ó 4):		1	1	1	
ESTADISTICA DE USUARIOS					
ARRIBO DE PASAJE (MUESTRA):		11	4	9	
ARRIBO DE PASAJE BASE EN HMD		154	56	126	
ARRIBO ESPECIFICO PRESENTE:		10	3	8	
VARIABILIDAD EN EL ARRIBO:		1	0	1	
ARRIBO MAS PROBABLE:		38	1	6	
PASAJE ESPERANDO:		0	0	0	
DESCENSO DEL PASAJE (MUESTRA):		0	0	1	
DESCENSO OBSERVADO EN HMD		0	0	1	
VARIABILIDAD DEL DESCENSO:		0	0	0	
DESCENSO CALCULADO:		0	0	0	
CUPO DISPONIBLE:		70	70	70	
ASCENSO MEDIO CALCULADO:		0	0	0	
PASAJE ABORDO:		0	0	0	
ARRIBO MENOS DESCENSO NETO (prueba)		10	3	8	
PASAJE REMANENTE:		0	0	0	
PASAJE TRANSPORTADO:		0	2	12	
ESPERA PARADAS EN LA HMD		76	2	12	
ESTADISTICA DEL SERVICIO					
TIEMPO DE TRAYECTO OBSERVADO:		0.33	3.00	2.67	
VARIABILIDAD DE TIEMPO DE TRAYECTO:		0.00	0.00	0.00	
DEMORA POR INTERFERENCIAS:		0.05	0.05	0.05	
TIEMPO TRAYECTO CALCULADO		0.38	3.05	2.72	
VELOCIDAD DE MARCHA (BASE Y CALCULADA)		15.65	17.70	17.67	
TIEMPO DE ASCENSO/DESCENSO:		0.00	0.00	0.00	
TIEMPO DE PARADA:		0.08	0.08	0.08	
TIEMPO INTERESTACION:		0.47	3.13	2.80	
TIEMPO INTERESTACION ACUMULADO:		0.47	3.60	6.40	
VELOCIDAD COMERCIAL:		0.00	15.00	7.50	
TIEMPO-VIAJE/INTERESTACION:		0	0	0	

B) Características de la demanda

Por el mismo tenor que en la cuestión de las características del servicio, las que se refieren a la demanda incluyen lo siguiente (valores de ejemplo):

Demanda de servicio:	8,000 pas/HMD y 4,000 pas/hr valle
Arribo de pasaje:	Según se indica en la Tabla 3.4.
Variabilidad del arribo:	Según se indica en la Tabla 3.4.
Descenso medio observado:	Según se indica en la Tabla 3.4.
Variabilidad del descenso:	Según se indica en la Tabla 3.4.

Los cuatro conceptos siguientes a la demanda global, se deben especificar en cada parada. Provisionalmente se ejemplifican sin mayor detalle en la Tabla 3.4. Serán aclarados más tarde con una mejor explicación que se da en el apartado 3.4.2 donde se describe la mecánica del modelo.

C) Características del servicio

Estos son datos que complementan el esquema del servicio. Entre los más importantes se pueden citar los siguientes (de nuevo, valores de ejemplo):

Amplitud:	16 horas (de las 06:00 a las 22:00 hr)
Factor de HMD:	1.40. Es la relación (cociente) de la demanda de la HMD, con respecto al promedio del día.
Frecuencia:	Es dato, o es salida de la simulación.
Velocidad de marcha:	35 km/hr (en HMD).
Variabilidad:	$\pm 30\%$ [del tiempo de trayecto, por ejemplo]
Tiempo de hora-rojo:	En cada intersección con semaforos, el tiempo de hora rojo es la proporción del ciclo en que el semáforo está en rojo. Este dato no aparece en la Tabla 3.4.

Los valores de los conceptos anotados han sido extraídos de un caso real con el objeto de ejemplificar mejor el tipo usual de entradas del MMOR. Tal y como ya se indicó, toda esta información se deberá obtener para cada caso en particular, a partir de numerosas observaciones de campo adecuadamente diseñadas. En seguida se dan algunas otras explicaciones pertinentes.

Entre los últimos conceptos indicados hay dos que encajan no sólo como datos, sino que en muchas ocasiones pueden formar parte del resultado final. Esos son los casos de la *velocidad de marcha* y de la *frecuencia de operación*. Tal y como veremos más adelante, hay veces en que a la frecuencia se le considera como un dato de entrada —por ejemplo, cuando se quiere revisar el efecto de programar un intervalo de paso que esté de acuerdo con los vehículos con que se cuenta—; en tanto que en muchos casos el intervalo puede ser una incógnita que está relacionada con la necesidad de satisfacer una demanda específica.

Lo mismo puede decirse de la velocidad de marcha. En algunos casos puede ser un dato de entrada —por ejemplo, cuando se sabe cuánto tiempo toma hacer cada recorrido—. Mientras que en otros casos, la velocidad de trayecto es el resultado de simular varias veces el comportamiento de los vehículos, según el efecto combinado de los semáforos y otras interferencias.

3.4.2. Resultados de la aplicación del modelo⁵

Vamos ahora a comentar de modo general los resultados que arroja el proceso, independientemente de los detalles de cada problema. De esa manera se podrán conocer los alcances del modelo y se entenderán los conceptos que se involucran en los resultados. Para una mejor interpretación describiremos cada uno de ellos, del mismo modo como se hizo con los datos de entrada. Se dan en el orden en que los maneja el cálculo (ver la Tabla 3.4).

D) Estadística de usuarios

En este rubro se incluyen aspectos relativos a los eventuales pasajeros de la ruta. Parte de los conceptos son datos de entrada pero otros son ya resultados del cálculo; en su descripción quedan identificados unos y otros.

- a) **Arribo de pasaje (muestra):** Es la cifra de usuarios detectada en los lugares de abordaje durante las observaciones realizadas para cuantificar la demanda en cada parada. Como por lo común las investigaciones se hacen por muestreo, estas cifras se refieren justamente a lo que arrojó la

⁵ El Autor presume que la explicación detallada del MMOR permitirá un mejor entendimiento de la Operación.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

muestra. Sirven para estimar el arribo de pasaje base (*ver* el inciso b siguiente).

- b) **Arribo de pasaje base:** Alude al número real o a la estimación de personas que acudieron a cada parada durante el tiempo de la observación, por lo general durante una hora (por principio, en la HMD). En esta cifra se basa el resto de los cálculos que hace el modelo. Se establece de dos maneras: *i*) partiendo de la observación muestral, en cuyo caso su cuantificación dependerá del factor de expansión correspondiente (*ver* apartado 1.2.1 si se quiere una explicación mejor); y *ii*) con base en alguna apreciación de la cantidad de usuarios que pretenden abordar las unidades de transporte, en cuyo caso su cuantificación quedará establecida directamente (por ejemplo, al especificar la demanda).
- c) **Arribo específico:** Para lograr estimar lo que realmente puede ocurrir al paso de cada vehículo (en cuanto a los ascensos y descensos), conviene calcular el arribo de pasaje que coincida o esté relacionado con la frecuencia. Ese es el objeto de estipular el **arribo específico** o *demanda al paso* que se indica. Se calcula dividiendo el arribo de pasaje base (en una hora y en cada parada) entre el número de unidades que vayan a pasar durante esa hora justamente; o sea, entre la frecuencia propuesta. Así, cuando se habla del arribo de pasajeros, se alude a los usuarios que arribaron a las paradas justamente mientras llegaba el siguiente transporte.
- d) **Variabilidad del arribo:** Es bastante improbable que durante cada intervalo de paso llegue al punto de abordaje el mismo número de personas (el "arribo específico"). Para conseguir darle un viso de realidad a los arribos, se hace preciso admitirles cierta variabilidad, misma que se establece con base en las observaciones efectuadas.

Conformes con la conceptualización estadística, la cantidad que se emplea como indicador de la variabilidad del arribo es el coeficiente de dispersión, esto es, la desviación estándar dividida entre la media o promedio de los arribos. Es una cifra que puede expresarse como un porcentaje de la media aritmética.

- e) **Arribo más probable:** Es una cifra calculada que se supone se acerque lo más posible a lo que sería un valor realista del arribo. Se le obtiene a partir del arribo específico, al cual se le agrega o se le resta, al azar, una fracción de su variabilidad. El cálculo se hace mediante dos procesos aleatorios: uno que define si la variabilidad se debe sumar o restar,

y el otro que determina la fracción de la variabilidad que deberá de servir de ajuste.⁶

- f) **Pasaje esperando:** Se entiende que es el pasaje que está esperando para subir a alguna unidad que disponga de lugares. Se calcula sumando al arribo más probable de las paradas en cuestión, aquellas personas que permanecieron sin lograr abordar después del paso del vehículo anterior, o sea, las cifras del «pasaje remanente» que se describe después.
- g) **Descenso de pasaje (muestra):** De manera análoga al caso de los arribos observados, el descenso observado es la cifra de pasajeros que abandonó la unidad en cada uno de los puntos de parada. La cantidad que se usa es el valor promedio de todas las lecturas realizadas en cada parada durante la investigación del ascenso y descenso de pasaje.
- h) **Descenso observado:** se calcula de manera similar al Arribo de pasaje Base.
- i) **Variabilidad del descenso:** Tiene una función y un empleo similares a los de la variabilidad del arribo. También, al igual que el anterior, tiene el mismo significado desde el punto de vista estadístico.
- j) **Descenso calculado:** Se determina de igual manera que el arribo calculado, aunque se basa en las cifras relativas al descenso. El proceso que se sigue en el cálculo es idéntico (*ver* el inciso e, precedente).
- k) **Cupo disponible:** El ascenso que pueda darse en cada una de las paradas dependerá tanto de la cantidad de personas que quiera subir como de la disponibilidad de plazas observada en el punto. Esa es la función que cumplirá este concepto: dar a conocer cuántos son los lugares libres que hay cuando el vehículo llega a la parada. Se calculará a partir de la capacidad nominal de la unidad, restándole el abordaje que haya ocurrido hasta la parada anterior y sumándole los descensos hasta la actual.
- l) **Ascenso medio calculado:** Como lo sugiere el concepto, es el número de pasajeros que abordó la unidad en cada uno de los puntos de parada, según hubiera resultado en la simulación. Se calcula teniendo en cuenta el pasaje esperando y el cupo de que se disponga en el punto de pa-

⁶ Este procedimiento emula de una manera sencilla el llamado Método Montecarlo de simulación. Un enfoque más racional aún utilizaría una función Poissoniana de arribo. (N del A).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

rada, o "cupo disponible": Cuando se maneja más de una simulación, es decir, cuando se hacen las "corridas" de varios viajes, el ascenso calculado es el promedio de los cálculos efectuados en cada parada.

- l) **Pasajeros abordo:** Como lo expresa el término, es un número que indica cuántos pasajeros están abordo del vehículo. La cifra es calculada en cada uno de los tramos del recorrido —en cada interestación—, empezando con el valor del ascenso en la terminal de arranque. Partiendo de ahí los pasajeros abordo se cuantifican sumándole los viajeros que abordan y restando los que bajan, de conformidad con los valores del cálculo (ver en los apartados anteriores el "ascenso medio calculado" y el "descenso medio calculado").
- m) **Pasaje remanente:** Es el pasaje que no logró abordar por la falta de cupo. Se calcula restándole al pasaje esperando el ascenso medio calculado. Es un pasaje que quedará pendiente para el siguiente paso vehicular.
- n) **Pasaje transportado:** Es la suma de las personas que han ido abordando la unidad durante los sucesivos arribos a los lugares de parada. Puede decirse que es equivalente al ascenso acumulado de pasaje. Al final de cada vuelta indicará el número de pasajeros que transportó cada vehículo.
- o) **Espera en paradas:** Se refiere al tiempo que consumen todos los usuarios mientras esperan la llegada de un transporte. Tiene como valor el producto que resulta de multiplicar el número de pasajeros que van a ascender (estimativamente el «pasaje esperando») por el tiempo de espera en las paradas, que en promedio vale la mitad del intervalo de paso.

(Este es uno de los conceptos que demuestra mejor la calidad de un transporte. Si el intervalo de paso es amplio, o sea, si la frecuencia de operación es baja, el tiempo de espera de los pasajeros potenciales será superior que para el caso contrario. Aunque su valor no es totalmente decisivo ya que deben tomarse en cuenta otros aspectos para establecer las mejores condiciones de operación, es indudable que debe ser del máximo interés atender que los tiempos de espera en las paradas no sean excesivos.)

- p) **Espera acumulada:** Es la suma acumulativa de las esperas en paradas. Mientras la "espera en paradas" indica el tiempo consumido en la parada a la que corresponde cada cálculo, la acumulación progresiva de dichos tiempos demuestra la importancia de la espera a medida que se desarrolla el viaje. Llegado el caso puede tener tanta significación en la actividad diaria como suele tenerla el número de horas-hombre consumidas diariamente durante la transportación. Se anota en la columna final de sumas.

E) Estadística del servicio

En este grupo de resultados se incluyen aspectos relativos al comportamiento de los vehículos en la ruta. Constituyen la otra cara del servicio. Explicaremos ahora los conceptos relativos a las estadísticas del servicio según la misma pauta que se utilizó con la estadística de usuarios.

- a) **Tiempo de trayecto observado:** Este concepto alude al tiempo que empleó el vehículo abordo del cual se hizo la medición, al recorrer cada una de las distancias entre paradas. Dicha duración deberá tomarse exenta de demoras e interferencias; es decir, descontando las pérdidas de tiempo implicadas en el ascenso y descenso de pasajeros y en las intersecciones semaforizadas. Si la medición se realizara en varios viajes, el valor asentado sería el promedio calculado de todos los tiempos.
- b) **Variabilidad del tiempo de trayecto:** Alude a la dispersión detectada en las observaciones del tiempo de trayecto. Se calcula según el coeficiente de dispersión de los distintos tiempos de trayecto medidos.
- c) **Tiempo de hora-rojo:** Para entender este concepto habrá que explicar primero que a lo largo del trayecto pueden existir uno o más cruceros controlados con semáforos. En cada uno de los casos en que tal cosa suceda, el tiempo que el semáforo estuviera en rojo, durante cada hora de operación, sería el tiempo de hora-rojo que debe considerarse en el tramo. Dichos valores servirán para calcular las interferencias respectivas.

Se calcula fácilmente multiplicando la proporción del ciclo que corresponde al rojo, por los 60 minutos de la hora.

- d) **Tiempo de interferencias:** Está asociado al tiempo de hora-rojo citado antes. Para calcularlo se tomará, de una manera aleatoria, una fracción de dicho tiempo de hora-rojo, tal y como si el vehículo hubiera llegado al crucero en cualquier momento del ciclo del semáforo.
- e) **Tiempo de trayecto calculado:** Cuando al tiempo observado de trayecto se le suma el tiempo de interferencias, se obtiene el tiempo de trayecto calculado. Esto representa una medida bastante aproximada del tiempo real de trayecto

la aproximación puede ser mejorada después, durante la calibración del modelo.

- f) **Velocidad real de marcha:** Esta es una velocidad establecida por un cálculo que parte del tiempo de trayecto calculado y de la distancia interestación. Para cada tramo entre las paradas, se obtiene el cociente de su longitud entre el tiempo de trayecto calculado, el cual ya toma en cuenta las interferencias que existen en la interestación.
- g) **Tiempo de parada:** Es una medida de la duración de la parada en función del número de personas que suben y que bajan de las unidades, y del retraso que acusa el vehículo por el hecho de detenerse. En el caso del ascenso y descenso, el tiempo es variable y se calcula mediante las ecuaciones 2.3 y 2.4 que se estudiaron en el apartado 2.2.3 del Capítulo 2 anterior. Aparte, para tomar en cuenta el retraso por la sola detención del vehículo, se considera un valor constante de 0.3 de minuto (18 segundos) cada vez.⁷
- h) **Tiempo interestación:** El tiempo interestación es sencillamente la suma del tiempo de trayecto calculado, más el tiempo de parada, en cada tramo o interestación. En función del cambio que ocurra entre uno y otro cálculo en los componentes del tiempo interestación (el tiempo de trayecto y el tiempo de parada), éste aparentará ser variable. Como en los casos del ascenso y el descenso, dicha variabilidad es una réplica de lo que sucede durante la ocurrencia de más de un viaje.
- i) **Tiempo interestación acumulado:** Se construye sumando en cada tramo los tiempos interestación anteriores. Es una medida del tiempo global de viaje, medido a la altura de cada tramo en cuestión.
- j) **Velocidad comercial:** Es la velocidad que alcanza una unidad de transporte cuando en la cuantificación de los tiempos de viaje se le incluye todo tipo de efectos retardadores de la marcha, sean estos causados por las interferencias o por el movimiento normal de pasajeros. Se calcula en cada tramo dividiendo su longitud entre el tiempo interestación. Para la operación general de las rutas, se obtiene dividiendo la longitud global del trayecto entre el tiempo total de la vuelta.
- k) **Tiempo-viajero por interestación:** Es un cálculo del tiempo consumido durante el viaje. Se obtiene multiplicando la cifra de personas a bordo por el

⁷ Esta cifra fué estimada en México, D.F. en 1991, a partir de un gran número de observaciones efectuadas sobre autobuses en movimiento. Es un valor susceptible de verificarse en cada localidad, sustentándolo en investigaciones propias (N del A).

tiempo interestación. En la hoja, la suma de la última columna dará el total del tiempo de viaje de todos los pasajeros.

D) Resultados del análisis de la operación

Por "*análisis de la operación*" se debe de entender el manejo que se haga de los resultados de la aplicación del modelo. Ya en posesión de las cifras finales del cálculo, será preciso interpretarlas para basar en ellas el diagnóstico de la ruta, o bien, establecer la manera de llevar a la práctica lo que se haya definido. Esta actividad de aplicación será motivo de un comentario separado que se hará más adelante.

El modelo que se explica proporciona normalmente un resumen selecto de resultados; por lo general, son sumas o promedios acumulados a lo largo de las "corridos" efectuadas. A menudo basta con analizar dichos resultados para deducir qué está sucediendo, llegándose a optar por la continuación o por la modificación del proceso.

(se puede hacer un primer análisis inclusive cuando aún no se han completado las «corridos» previstas)

La verificación de los resultados parciales puede presentarse en dos formas. En una primera opción, (ver la Figura 3.3) puede aparecer continuamente en alguna pantalla el monitoreo del proceso, ésta mostraría siempre los siguientes conceptos:

- 1) Las referencias generales del proyecto que se estudia.
- 2) Los principales datos de entrada, es decir:
 - el nombre de la ruta,
 - el número y nombre de las paradas,
 - la longitud de la vuelta,
 - la capacidad de los vehículos (nominal o estipulada),
 - la demanda horaria implicada y
 - la frecuencia de operación, cuando ésta se supone fija.
- 3) Algunos resultados relevantes, o sean:
 - el número de corridas efectuadas,
 - la frecuencia, cuando ésta es un parámetro buscado,
 - el número de vehículos necesarios para operar,

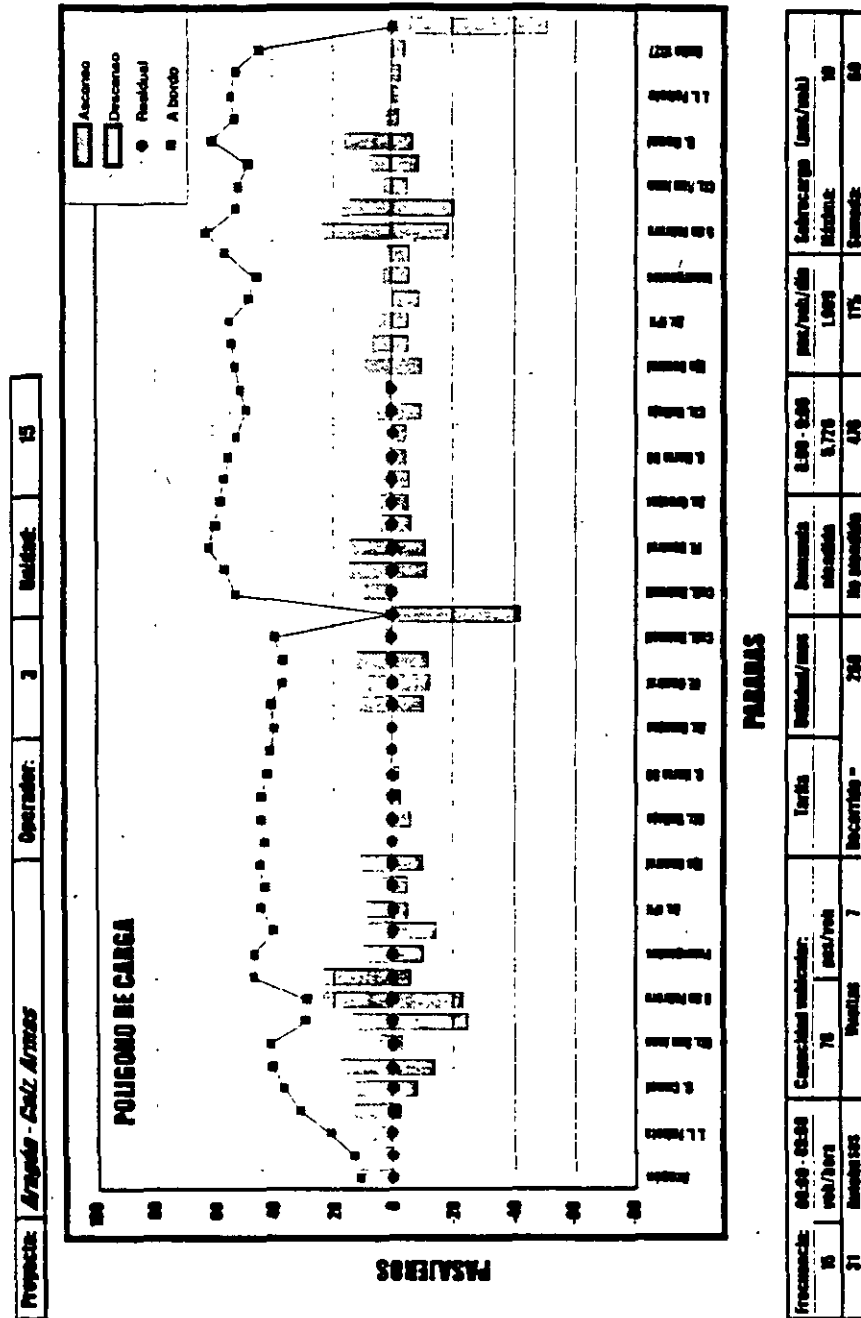


Fig. 3.3. Monitoreo en pantalla de la operación del MOR (ejemplo)

- los pasajeros transportados por vehículo y por hora,
- los pasajeros totales transportados, también por hora, en la totalidad de los vehículos asignados,
- la velocidad comercial promedio,
- el tiempo promedio de vuelta y
- el tiempo-pasajero consumido.

4) En algunos casos, y según la versión del modelo que se opere, se muestran los siguientes resultados económicos de la operación:

- el ingreso promedio por vuelta y por unidad,
- el gasto (costo) promedio por vuelta y por unidad y,
- la relación ingreso/gasto en promedio, por vehículo.

Además del monitoreo, al final del proceso el modelo produce un listado detallado por interestación, donde se expresan los conceptos aludidos en el segmento Estadística de la Operación que se comentó antes.

Es bueno asentar que todos los cálculos descritos arriba bien podrían hacerse directamente (a mano). La ventaja del modelo estriba en que las operaciones implicadas se hacen de manera automática y el número de veces que fuera necesario. Una vez que se ha incorporado al programa la información de entrada, el número de corridas por ejecutarse es casi una cuestión de criterio y no implica un mayor esfuerzo.

3.4.3. Calibración del modelo

Para que un modelo cualquiera simule con cierta aproximación convenida la realidad que se busca interpretar, es preciso *calibrarlo*. Esto significa que hay que hacerle ajustes hasta que logre reproducir fielmente alguna situación ya conocida, semejante a la que se pretende simular. El ajuste se hace de tal manera que, partiendo de unos datos de entrada conocidos, el modelo logre entregar unos resultados también conocidos o que puedan ser verificados.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Todos los modelos de simulación requieren de una calibración propia. En el caso del modelo MOR la calibración reviste varias etapas, tal y como se describe en seguida:

- 1) Ajuste de los tiempos de demora orillados por los semáforos y determinación del Factor de Fase;
- 2) Ajuste del tiempo global del viaje, en un sentido o en la vuelta completa;
- 3) Ajuste para la convergencia de la velocidad comercial y de los pasajeros transportados.

Hagamos la descripción resumida de esas etapas de la calibración.

- 1) *Ajuste por tiempos de demora*: El Modelo se calibra primero por tiempos de demora con el fin de ajustar los retrasos atribuibles a los semáforos, a las mediciones realizadas en la práctica (en la investigación de campo).

Al citado ajuste se le llama de Factor de Fase y suele adoptar un valor del orden de 0.625 para muchas condiciones supuestamente ordinarias. Quiere decir que cuando se tienen semáforos no coordinados a lo largo de un corredor, más del 60% de las veces las unidades de transporte encuentran encendida la luz roja.

El valor inicial que se adopta es el promedio de la proporción en rojo de todos los semáforos del trayecto.

El tiempo de rojo puede variar de un cruce a otro, pero la probabilidad general de encontrar cualquier semáforo en rojo de cualquier vehículo que arribe en forma aleatoria se expresa con el Factor de Fase.

Esta etapa sirve para tomar en consideración el efecto que producen en la velocidad de operación y en el tiempo de la vuelta las intersecciones semaforizadas. El efecto se mide para la forma en que opera inicialmente cada intersección, tanto para garantizar la idoneidad de la simulación, como para predecir dicho efecto cuando se llegaran a conseguir sincronizaciones de semáforos tendientes a agilizar el tránsito de los vehículos.

2) Ajuste del tiempo global de la vuelta: Después de ajustar el Factor de Fase se efectuarán las corridas que sean necesarias para conseguir un ajuste correcto en el tiempo global de la vuelta o del viaje en un sentido, con apoyo en el tiempo real de trayecto y de acuerdo con el criterio y procedimiento siguientes:

- Se consideran los semáforos no sincronizados, un tiempo de ascenso y descenso de pasajeros promedio y sin variaciones, y una frecuencia operativa cualquiera. Con tales especificaciones paramétricas se hacen las corridas que sea preciso (unas 5 bastan, por lo general) induciéndole cambios al Factor de Fase hasta que la diferencia entre el tiempo real medido y el tiempo de simulación resulte inferior a la tolerancia aceptada (entre un 4% y un 5% por lo común).
- Ese remanente de ajuste de tiempo se hará sobre cada uno de los tramos, buscando que los tiempos de interestación de la simulación se apeguen a los tiempos medidos. Cada ajuste de interestación se hace modificando los tiempos de retardo por parada en cada uno de los tramos.

Con eso, y con sólo unas cuantas corridas de calibración, se obtendrá un apego muy aceptable en el tiempo general de la vuelta, con lo cual en todas las corridas subsecuentes el tiempo de trayecto quedará ubicado dentro de estrechos márgenes de variación, permitiéndole que cambie entonces de acuerdo con otros factores, diferentes de aquellos que se derivan de la semaforización y del comportamiento de los operadores durante la conducción.

3) Ajuste por convergencia de la velocidad comercial: En tercer término se incorpora el dato de la variabilidad de la muestra del movimiento de pasajeros en los puntos de ascenso, y se efectúan las corridas necesarias para hacer converger las cifras de la velocidad comercial y los pasajeros transportados con lo que se presenta realmente en cada unidad. Esta etapa de la calibración se apoya en la frecuencia de base de la operación, con la cual se haya medido el ascenso y descenso y los pasajeros transportados (la frecuencia durante el muestreo). O sea, de nueva cuenta se buscará que la simulación reproduzca una faceta del fenómeno real; en este caso, los pasajeros movidos.

Dado que la información de apoyo (los datos del ascenso y el descenso empleados) son los de una muestra, durante esa fase de la simula-

ción no se pretenderá llegar a resultados muy precisos del movimiento actual, sino únicamente se continúa preparando la estructura del modelo para alguna aplicación posterior a los casos de proyecto.

A estas alturas del trabajo se cuenta ya con un esquema calibrado en cuanto los movimientos en las paradas y a la influencia de la semaforización. Asimismo, y en tanto no se obtienen datos más exactos sobre el tiempo de trayecto sin interferencias, se podría usar la velocidad de marcha calculada para las aplicaciones definitivas.

Desde este momento cada corrida tenderá a proporcionar un resultado cada vez más aproximado a las mediciones hechas directamente sobre la ruta, al menos en lo tocante a los pasajeros transportados, al tiempo de trayecto por vuelta y a la influencia generalizada de los semáforos. Puede admitirse entonces que el modelo está calibrado y podría manejársele modificando sus datos de entrada, confiando en que reproducirá los efectos de modo adecuado y aceptable.

Problema 3.4.

Utilizando el modelo MOR con los datos de la Tabla 3.5 adjunta,^a obtener la frecuencia operativa más adecuada.

Solución:

En la Tabla 3.9., se reproduce el análisis de la ruta mediante el modelo MOR. Ahí mismo se estipula el valor de la frecuencia $F_0 = 12$.

3.5. Programación del servicio

Mediante la programación del servicio se establece la frecuencia de operación —o si se prefiere, los intervalos de salida—, para cada uno de los períodos del día, de acuerdo siempre con las fluctuaciones de la demanda. No obstante que teóricamente la frecuencia podría variar casi continuamente, es más lógico cambiarla sólo dos, o a lo sumo tres veces en el día, para no complicar demasiado la operación o su control.

^a La Tabla 3.5 se ubica al final del capítulo (V del A).

3.5.1. Las frecuencias básicas —FBD—

Teóricamente en todos los problemas de esta índole es posible manejar el esquema de frecuencias prototipo que se describe en seguida.

Frecuencia inicial. Aplicable entre las 5:00 y las 7:00 hr. Es decir, entre la hora de inicio de los servicios y el comienzo de la Hora de Máxima Demanda.

Frecuencia de HMD. Aplicable entre las 7:00 y las 9:00 hr, o según se presente la HMD.

Frecuencia "valle". Aplicable a partir de la terminación del período de mayor demanda. En los lugares en que no existe período de punta de medio día, la frecuencia de valle se aplica entre las 9:00 y las 18:00 hr aproximadamente. En donde sí hay período de punta intermedio, la citada frecuencia se aplica entre las 9:00 y las 14:00 hr y entre las 16:00 y las 18:00 hr, suponiendo una punta de medio día de 14:00 a 16:00 hr.

Frecuencia vespertina. Aplicable durante el período de punta de la tarde; normalmente de las 18:00 hr a las 21:00 hr.

Frecuencia nocturna. Aplicable desde las 21:00 hr hasta la conclusión del servicio, o en su caso hasta las 5:00 hr del día siguiente.

A pesar de lo asentado, no es extraño que las cinco frecuencias prototipo se reduzcan a dos o tres por razones de simplicidad. De un modo más bien convencional y con el objeto de reconocerlas globalmente, las llamaremos Frecuencias Básicas del Día, o abreviadamente, FBD.

El grupo de frecuencias prototipo anotado arriba es el resultado de los análisis efectuados a partir de las curvas de demanda en cada uno de los puntos de la ruta, así como de las características operativas previstas. Ya vimos en el Capítulo 1, (apartados 1.2 y 1.3) que la demanda de un servicio —por ejemplo, de una ruta— presenta variaciones a lo largo del trayecto y durante la jornada. Con respecto a esta última, la solución estribará en el manejo de varias frecuencias diferentes a lo largo del día, tal y como se comentó antes. En lo que respecta a la manera de tratar las variaciones a lo largo de la ruta, y el efecto que ello tendrá en las frecuencias del día, los dos conceptos están íntimamente ligados, a un grado tal que las frecuencias básicas del día —las FBD del párrafo anterior—, sólo podrán ser fijadas según el proceso siguiente:

- i) primero, se define la frecuencia óptima F_o , de acuerdo con la variación de la demanda a lo largo del trazado (según su polígono de carga) para la HMD y,
- ii) segundo, se introducen los cambios que sean necesarios para fijar las restantes FBD como una proporción de la frecuencia óptima F_o .

Existe la variante de calcular cada FBD por separado. Aunque ello nos llevaría a resultados supuestamente más precisos, quizá resultaría excesivo y aun innecesario. Sólo que los valores de la demanda llevaran a frecuencias de gran intensidad en cualesquiera de los períodos citados —en las horas valle, en especial— el método no se justifica por dos razones:

- El método es costoso. Para calcular cada FBD separadamente hay que tener información de campo disponible. Desde luego que ésta pudiera ya existir, debido a que para analizar este tipo de problemas no es extraño que se hagan conteos durante 16 hr (de las 6 AM a las 10 PM), pero esto sólo se aconseja en investigaciones de gran importancia. En los casos más comunes el trabajo de campo se hace de las 7 AM a las 10 AM, período dentro del que se ubica por lo general la HMD. El resto del análisis se hace basando las variaciones del día en el patrón horario de la región.
- Además de lo anterior, cuando la demanda no es muy grande es muy probable que las frecuencias que se obtengan en los períodos distintos de la HMD resulten tan bajas que deban de especificarse por norma, para no exceder el intervalo máximo que sea admisible en el servicio.

3.5.2. Análisis de un caso hipotético

Revisemos todo esto con un problema.

Problema 3.5.

En la Tabla 3.6 se muestra la demanda horaria en la terminal de una ruta de transporte urbano. Suponiendo una capacidad vehicular CU = 90 pasajeros (70 pasajeros nominales más 30% de sobrecarga), se pide:

- 1) calcular el valor de F_0 para cada periodo;
- 2) obtener las FBD más prácticas.

El intervalo no podrá ser mayor de 12 min en horas valle y vespertina, y 30 min en el horario inicial o nocturno (ver apartado 3.5.1).

Tabla 3.6. Cuadro de la demanda horaria de una ruta urbana

HORARIO	DEMANDA	HORARIO	DEMANDA	HORARIO	DEMANDA
06:00 - 07:00	140	11:00-12:00	300	16:00 - 17:00	540
07:00 - 08:00	890	12:00 - 13:00	350	17:00 - 18:00	780
08:00 - 09:00	1 790	13:00 - 14:00	540	18:00 - 19:00	1 340
09:00 - 10:00	770	14:00 - 15:00	890	19:00 - 20:00	900
10:00 - 11:00	530	15:00 - 16:00	350	20:00 - 21:00	440

Solución:

Primero se calculan la frecuencia de operación F_0 y el intervalo de paso i teóricos, a partir de los valores de las demandas horarias. Después se hacen los ajustes necesarios para conformar un diseño más práctico. Para ello se debe aplicar cualquiera de los métodos ya explicados -por ejemplo, mediante el método directo con el uso de las ecuaciones 2.6 y 2.5-. El resultado se muestra en la Tabla 3.7 que sigue.

Tabla 3.7. Cuadro teórico de frecuencias de operación

HORARIO	F_0	i	HORARIO	F_0	i	HORARIO	F_0	i
06:00 - 07:00	1.7	35	11:00 - 12:00	3.3	18	16:00 - 17:00	6.0	10
07:00 - 08:00	10.0	6	12:00 - 13:00	4.0	15	17:00 - 18:00	8.6	7
08:00 - 09:00	20.0	3	13:00 - 14:00	6.0	10	18:00 - 19:00	15.0	4
09:00 - 10:00	8.6	7	14:00 - 15:00	10.0	6	19:00 - 20:00	10	6
10:00 - 11:00	6.0	10	15:00 - 16:00	4.0	15	20:00 - 21:00	5	12

Analizando los diferentes resultados tenemos:

En cuanto a los valores de i que superan los máximos especificados de 12 y 30 minutos —de 06:00 a 07:00, de 11:00 a 13:00 y de 15:00 a 16:00 (cifras resaltadas)—, estos se fijarán de acuerdo con la norma. Los demás podrían conservarse, de no ser por lo que significaría tantos cambios en la frecuencia a lo largo del día. Buscando una solución más simple aún, el programa de frecuencias final queda como se muestra en la Tabla 3.8 siguiente.

Tabla 3.8. Frecuencias prácticas de operación

HORARIO	F_0	i	HORARIO	F_0	i	HORARIO	F_0	i
06:00 - 07:00	2.0	30	11:00 - 12:00	6.0	10	16:00 - 17:00	6.0	10
07:00 - 08:00	10.0	6	12:00 - 13:00	6.0	10	17:00 - 18:00	10.0	6
08:00 - 09:00	20.0	3	13:00 - 14:00	6.0	10	18:00 - 19:00	15.0	4
09:00 - 10:00	10.0	6	14:00 - 15:00	10.0	6	19:00 - 20:00	10.0	6
10:00 - 11:00	6.0	10	15:00 - 16:00	6.0	10	20:00 - 21:00	6.0	10

bueno aclarar que con la distribución de frecuencias de la solución se sca proporcionar una manera sencilla de controlar el servicio, lo cual sólo se logra mediante las inclusiones o las reducciones de vehículos a la ruta en números enteros, haciendo esas variaciones según períodos de una hora cuando menos.

La determinación del número necesario de vehículos para prestar el servicio conforme a dicho programa sería motivo de un análisis que tomara en cuenta, además de la demanda, el tiempo de la vuelta T_v .

3.6. El cuadro de tiempos

El cuadro de tiempos no es otra cosa que la aplicación con detalle del programa de servicio. Mientras que el programa en sí da indicaciones sobre el intervalo de salida o la frecuencia de operación, en el cuadro de tiempos se expresa la cronología, en horas y minutos de cada evento, sean estos las salidas o los momentos del paso por algún lugar.

En el cuadro de tiempos quedará indicado a qué hora sale el primer vehículo o convoy, a qué hora lo hará el segundo, y así sucesivamente. Y

asimismo en qué horario estarán llegando a cada una de las paradas a lo largo de toda la jornada. Esto es normal e indispensable en aquellos sistemas cuyos equipos comparten inevitablemente un derecho de vía exclusivo, y al mismo tiempo rígido y de escasa dimensión (como en las líneas del Metro). En los sistemas denominados *de rodada libre*, por el hecho mismo de que comparten la vía pública con otros vehículos, el empleo de los cuadros de tiempo ha parecido innecesario.

(Se argumenta que es imposible sujetar a horario fijo el paso de los vehículos por algún lugar, cuando éstos sufren a todo lo largo de su trayecto las interferencias del tránsito general).

Es difícil y asimismo conviene hacerlo de una manera racional y adecuada para no caer en idealizaciones, pero no es preciso prescindir de ello porque sea complejo de planear y organizar. Los encargados de la operación deben tener entre sus obligaciones dar a los usuarios la información más completa y más exacta posible sobre los horarios regulares de los transportes normales, con independencia de las dificultades que deban superarse.

En muchos casos lo que el cuadro de tiempos debe indicar no es una hora exacta de paso, sino un intervalo de tiempo. Lo propio es expresar, simultáneamente con la hora teórica, el momento más temprano y el más tardío del arribo, permitiendo así al público hacerse una idea del instante en que tendrá a su disposición el transporte.

Otra manera de proceder consiste en anunciar los intervalos de paso correspondientes a los diferentes períodos del día. Esto aporta al usuario la información sobre cuánto tendrá que esperar aproximadamente. En algunos sistemas que utilizan esa fórmula, la información se complementa con una indicación del tiempo transcurrido desde el último arribo.⁹

La conformación del cuadro de tiempos tiene dos dificultades, una de orden teórico y otra de índole práctica; es decir, cómo hacerlo y cómo lograr un control sobre las unidades para que respeten los horarios. Veamos cada cosa por separado.

⁹ El Metro de Madrid, España, ha usado esta fórmula de información. 1993. (V del A).

3.6.1. Conformación del cuadro de tiempos

El diseño de un cuadro de tiempos parte necesariamente de un programa operativo. Es decir, arranca del conocimiento de los intervalos de salida, y del posicionamiento teórico de cada vehículo en la ruta a lo largo de la jornada. Los intervalos de salida provienen del programa de operación y ya vimos cómo se deducen en el apartado 3.5 anterior. Por lo tanto, veamos qué es y cómo se determina el posicionamiento teórico de las unidades.

El análisis del posicionamiento debe hacerse para variaciones de un minuto en los servicios típicamente urbanos —autobuses, trolebuses, tranvías urbanos, Metro y Trenes Ligeros urbanos—, (de 300 a 400 m de separación entre vehículos consecutivos), o para variaciones de cinco minutos en los servicios de tipo suburbano (de 3,000 a 4,000 m de espaciamiento entre unidades). Aquellos servicios de más largo recorrido deberán analizarse según lapsos de una hora o más. La citada especificación establece que mediante el análisis deberá encontrarse la posición que ocupa cada vehículo en la ruta al cabo de cada lapso. Aclaremos estos conceptos con un caso hipotético (ver Figura 3.4).

Problema 3.6.

Supongamos que se haga un análisis de posicionamiento entre las 7:00 hr a las 8:00 hr, para un servicio con una frecuencia $F_0 = 20$ veh/hr; o sea, operando a un intervalo $i = 3$ min. Obtendríamos lo siguiente:

usaremos la siguiente nomenclatura de posición según la distancia recorrida:

$d(\text{vehículo}, \text{lapso})$

a) A las 7:00 el primer vehículo estará justamente en el punto inicial de la ruta, no habiendo ningún otro que considerar, su distancia $d(1,0)$, medida desde el punto de partida será:

$$d(1,0) = 0$$

b) A las 7:01 el vehículo uno estará localizado a una distancia $d(1,1)$ del punto de salida, siendo $d(1,1)$ la longitud que recorre en un minuto a la velocidad comercial $V_c(1)$ adoptada para el tramo. Así:

$$d(1,1) = 1 \times \frac{1,000 V_c\{1\}}{60}$$

El vehículo uno está localizado a una distancia obtenida de multiplicar un minuto por la velocidad comercial $V_c\{1\}$ del primer tramo (multiplicada por mil, y dividiendo el producto entre 60, si la velocidad hubiera sido dada en km/hr). El resultado queda dado en metros.

A las 7:02 el vehículo 1 está ubicado a la distancia $d(1,2)$ siguiente:

$$d(1,2) = 2 \times \frac{1,000 V_c\{1\}}{60}$$

A las 7:03, el vehículo uno estará a la distancia $d(1,3)$, en tanto que el vehículo dos aparece en el punto de partida. La distancia $d(1,3)$ vale:

$$d(1,3) = 3 \times \frac{1,000 V_c\{1\}}{60}$$

y, por consiguiente:

$$d(2,3) = 0$$

Y así sucesivamente. El valor de $V_c\{s\}$ irá variando cuando los vehículos cambien de tramo. Este proceso se seguirá con todos los vehículos durante todo el intervalo de análisis. En cada caso los valores de las $d(v,i)$ permitirán localizar las posiciones respectivas.

Este proceso puede hacerse a mano y asimismo, para una mayor facilidad, pudiera hacerse con el auxilio de algunas herramientas de cálculo rápido; de una o de otra forma el fin perseguido es el mismo. El resultado lo constituye un cuadro que indica, minuto tras minuto, la posición relativa de todas las unidades en operación. Las Tablas 3.9 y 3.10 muestran un ejemplo típico de posicionamiento y del cuadro de tiempos basados en un caso real.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

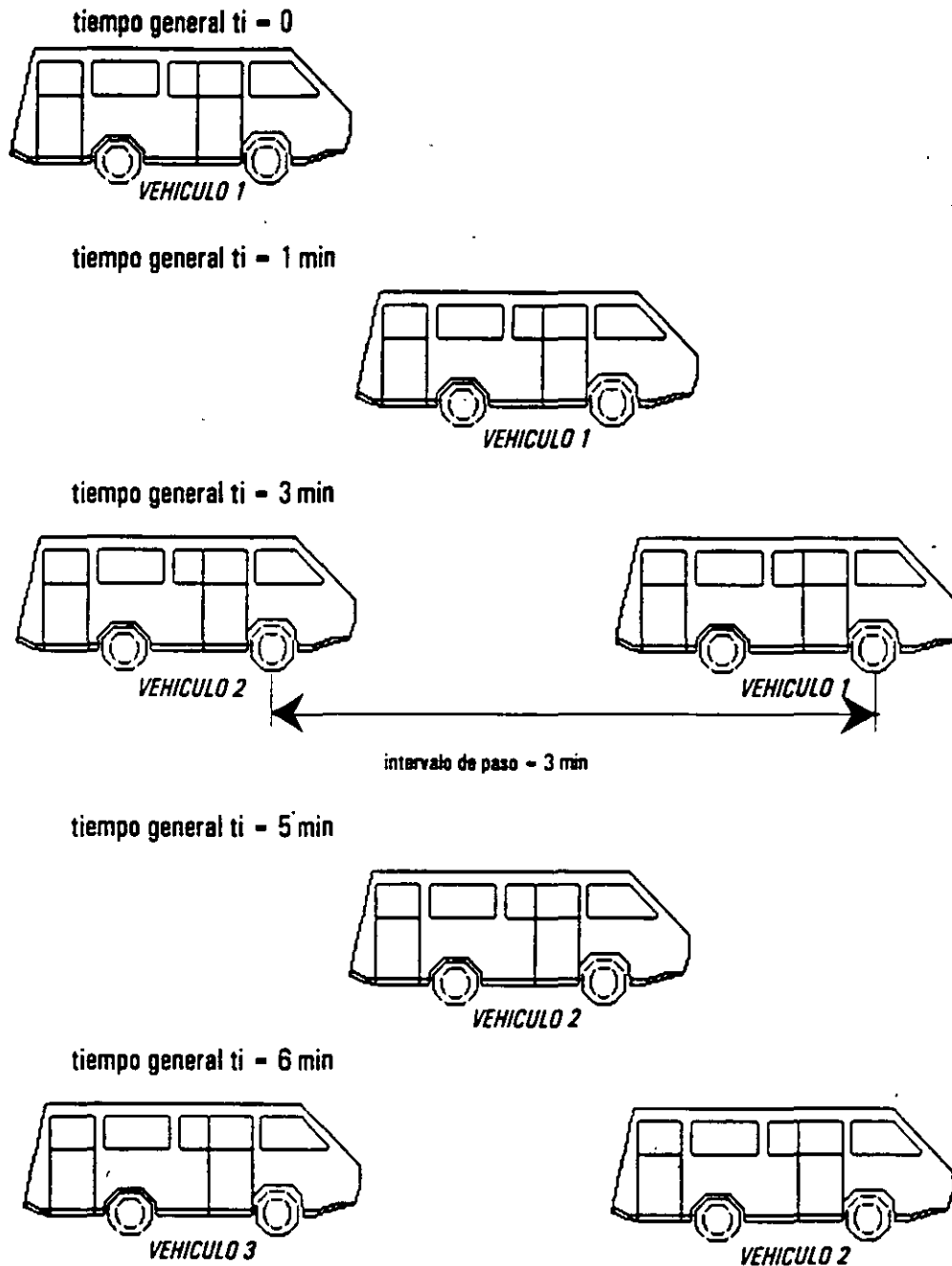


Figura 3.4. Diagrama de posicionamiento de un servicio de transporte

3.7. Control del servicio

El concepto de control tiene cuatro acepciones, todas ellas aplicables al acto de cuidar la correcta interpretación y la aplicación del programa operativo. Controlar es comprobar, verificar, inspeccionar y dirigir. Así, cualquiera que sea el orden de importancia que se le imponga a cada uno de los significados de tal expresión, habrá cabida para alguna acción o tarea específica en el área operacional. Diremos entonces que será preciso ejercer un control de la operación para:

- comprobar la existencia y actualidad del programa operativo del servicio;
- inspeccionar si el programa se está respetando en todas sus fases;
- verificar que sus componentes sean los adecuados y correspondan con las características de la demanda;
- dirigir la logística de la operación, para que los recursos sean aplicados con propiedad y oportunidad.

Puede decirse que la satisfacción de tales condiciones debiera ser suficiente para garantizar la efectividad de la operación, y como consecuencia, del servicio. Sin embargo, el solo enunciado de las acciones y tareas no basta para darles cuerpo; hay que establecer un marco de acción y enumerar las tareas específicas que contiene. Es decir, hay que conocer el qué, el porqué y el cómo de las partes del control.

3.7.1. Qué hay que controlar

El control es susceptible de ejercerse sobre los recursos o sobre las acciones. Sobre los recursos se ejerce en cuanto a certificar la presencia oportuna del personal y del equipo en condiciones de llevar al cabo la operación. Para ello es preciso conocer de antemano la organización del trabajo y el equipamiento que se haya previsto. Sobre los aspectos de la organización, en el Capítulo 9 se tratará el tema al estudiar la conformación de los organismos, empresas e instituciones abocados al transporte. En lo tocante al equipamiento, es tarea del área de control certificar que los vehículos, equipos y avíos especificados por el programa existan y estén al punto.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En cuanto al control de las acciones, esto se refiere a los siguientes conceptos:

- 1) Hora de inicio y hora de término del servicio;
- 2) Orden o sucesión de salida;
- 3) Intervalos de salida (según las frecuencias de operación);
- 4) Intervalos de paso y,
- 5) Normas de servicio.

En todos estos casos se alude a la necesidad de constatar que todas las cifras y valores especificados por el programa operativo sean respetados. Como su misma concepción queda dentro del ámbito del *Plan de Explotación*, pasaremos a explicar su objetivo, formulación y manejo, aunque parte de ello esté fuera del tema del control estrictamente hablando.

Hora de inicio. En los primeros párrafos del Capítulo 2 se comentaba la gran similitud que hay entre la operación de los transportes y el funcionamiento de una fábrica; esa semejanza es bien evidente en lo que significa respetar los horarios de trabajo. Para todo su ulterior manejo, el programa operativo dependerá de la exactitud con que se inicie la jornada. Dado que ésta comienza habitualmente en horas muy tempranas, hay siempre el riesgo de que algún imponderable impida el inicio a tiempo o dificulte el desempeño a finales del día. Dos son las causas comunes de perturbación:

- a) El traslado de equipos y operadores desde los lugares de la pernocta hasta el punto de arranque (la terminal principal) del servicio, y viceversa y,
- b) el peligro que a veces existe de actos delictivos (asaltos, robos, agresiones).

Para ambos casos hay muchas y a menudo originales soluciones. Se mencionarán aquí las más convencionales y las más usuales en el medio local.

El primer problema ha sido resuelto frecuentemente haciendo coincidir la pernocta de los conductores con la guarda de los vehículos, e implantando a la vez la conocida práctica de *«el que guarda saca»* —el operador que guarde el vehículo al final del día, lo sacará a la mañana siguiente—. Para ello hay tres posibilidades:

- i) Que el conductor se lleve el vehículo a su casa. A menos que la unidad sea de su propiedad, —caso muy frecuente—, esta solución no resulta aconsejable. Cada día, antes de comenzar a trabajar, los vehículos requieren de ciertos cuidados y atenciones: aseo, carga de combustible, leves correcciones mecánicas, etc. Es difícil pensar que pueda asignarse esa responsabilidad a un conductor que termina fatigado y a altas horas de la noche y que, aparte, debe reiniciar temprano su actividad. Además, dicho método no resuelve la situación de todo el personal operativo: los despachadores y los inspectores no caben en esa solución.
- ii) Que se instrumente un servicio especial de «reparto de operadores»; es decir, que se provea de un transporte para el personal de operación, encargado de llevar y de traer hacia y desde sus domicilios, a aquellos que hubieran de iniciar y terminar el servicio. Tiene dos inconvenientes principales: implica costo y obliga al personal que se traslada a levantarse más temprano y dormirse más tarde, a causa del tiempo de viaje. En todo caso, esta solución es más aceptable pues estaría asociada a la existencia de algunas instalaciones destinadas a la guarda de los vehículos y a su mantenimiento cotidiano y preventivo.
- iii) Que se cuente con instalaciones completas que incluyan garage, taller, dormitorio y comedor. Su inconveniente, si es que se le puede calificar así, es el elevado costo inicial de dichas instalaciones. No obstante, siendo objetivos, los costos implicados por tales obras y provisiones pueden ser amortizados con cierta facilidad debido a las economías a largo plazo que promueven.

Con respecto al factor seguridad, este dependerá del tipo de solución dado al aspecto anterior y a la situación que exista en cuanto a seguridad pública. Sin embargo, es oportuno decir que el mayor riesgo se ubica en el manejo del dinero producto de la operación, por lo que las soluciones orientadas en tal sentido consiguen atenuar sensiblemente el problema.

Por ejemplo, algunas provisiones prácticas pueden consistir en la reducción y aun la cancelación del manejo de dinero en efectivo —con abonos o con dispositivos de pago electrónico—; la simplificación de la entrega de las cuentas cuando lo anterior no sea posible, o mediante la adopción de cajas colectoras con receptáculos de seguridad acoplados. Sobre esto se abundará más adelante.

Los enlaces por radio con un centro de control coadyuvan a la seguridad. Esta medida está también relacionada con el control de los intervalos de paso y en ese apartado se discutirá el tema con más detalle. Se menciona aquí de pasada para no soslayar sus evidentes ventajas en cuestiones de seguridad.

Orden y sucesión de salida. El orden secuencial de la salida de vehículos desde la terminal principal implica contar con el conocimiento de algunas características distintivas de las unidades de la flota. Cuando todas ellas son iguales no existe problema en programar unas antes que otras. Cuando no es ése el caso; cuando hay distintos tipos de vehículos, éstos quizá deban de salir según periodicidades —en frecuencias o ritmos— diferentes. En tal situación, es posible que deban manejarse bajo programas también diferentes, reduciéndose así el problema de la secuenciación a la simple sobreposición de dos o más cuadros de tiempo.

Sea de una o de otra manera, habrá que contar con un listado previo que indique el orden de salida asignado a cada unidad, de acuerdo con el censo de ellas (el inventario del parque vehicular de la ruta).

Intervalos de salida. Los intervalos de salida los estipula el programa operativo. El mismo programa, o su complemento habitual, el cuadro de tiempos, indicará la frecuencia o el intervalo de salida para cada período (inicial, HMD, valle, etc). La tarea del control consistirá en constatar que tales normas se cumplan rigurosamente.

No obstante, deberán adoptarse previsiones para resolver los desajustes provocados por excesos en los tiempos de ascenso de pasajeros en la terminal o por ausencias o averías de algunos vehículos. Ambas cosas estarán también consideradas de antemano, sea mediante el manejo de holguras en los horarios de salida o con la disponibilidad de algunas unidades adicionales de reemplazo.

Intervalos de paso. El respeto de los intervalos de paso en cada uno de los puntos de ascenso y descenso de pasajeros es primordial. La regularidad es posiblemente una de las mayores virtudes de un buen servicio de transporte, de ahí que su continuada verificación sea una tarea fundamental; en la efectividad del control de la regularidad descansa la eficacia y la calidad del servicio.

Los intervalos de paso se controlan a lo largo de la ruta con base en los cuadros de tiempos y de horarios. El control en sí es sumamente simple,

basta con establecer los mecanismos de verificación del paso de los vehículos. Lo que ya no es tan sencillo es la adopción de remedios ante la pérdida del ritmo de trabajo. En ese caso la solución dependerá del motivo que haya orillado la anomalía operativa. Vamos entonces a revisar las posibles causas de desajuste de la frecuencia de operación.

Contingencias normales del tránsito. Durante el trayecto se suelen presentar situaciones que entorpecen la circulación normal de los vehículos. Esto es particularmente serio en aquellos servicios que comparten la vía pública con otros más, cuyas características físicas y de uso son distintas.

Las demoras provocadas por diferentes causas: fricciones de la circulación, semáforos, congestionamientos, y aun el ascenso y descenso de pasajeros, son consideradas normalmente en el diseño del programa operativo —esto se hace al definir las velocidades de marcha V_m y comercial V_c —, e intervienen en la configuración del cuadro de tiempos como holguras en los horarios de arribo a las paradas (ver el apartado 3.6.1). Son pequeñas irregularidades que sufre el ritmo operativo y que en general se subsanan solas, al vigilar el apego a los horarios.

Averías. En este caso el desajuste puede ser mayor por lo inesperado y en cierta forma por la gravedad de la falla. Las descomposturas antes de la salida deben subsanarse, en la medida de lo posible, mediante la sustitución perentoria de la unidad. En cambio, las averías en el trayecto padecen el agravante de las dificultades en la comunicación inherentes a la localización física del vehículo.

En este caso la solución estriba, dependiendo de la hora y de la gravedad, en reforzar el servicio con otro vehículo y atender con prontitud al averiado. Ello resulta más rápido y sencillo cuando existe algún enlace humano o por radio entre las unidades y el puesto de control operativo.

Cambios bruscos en la demanda. Tales cambios los provocan las afluencias repentinas de pasaje por diversas causas. Se hayan previsto o no, la única solución es el suministro de equipo suplementario oportuno. El papel del control reside en la detección y, de ser posible, la cuantificación de la oferta adicional necesaria. De nueva cuenta se ponen aquí de manifiesto las ventajas de los enlaces por radio.

Normas de servicio. Dentro de este concepto se inscribe todo el cúmulo de pequeños y grandes detalles que constituyen las reglas de conducta del servicio y que deben quedar sujetas a control. Cubren desde las revisiones del estado físico de las unidades antes de salir, hasta casi nimiedades como lo son la organización de la gente en las paradas o la forma que tienen de abordar o dejar la unidad. El cabal reconocimiento de todo ello contribuirá finalmente al buen desempeño del equipo.

3.7.2. Cómo se practica el control

Sobre el método de practicar el control de la operación, éste puede hacerse en tierra, abordando los vehículos, por medio de dispositivos especiales (como computadoras de abordaje, relojes checadores, tablas de operación o relojes maestros) o, preferentemente, a través de una bien diseñada mezcla de todas esas prácticas. Ninguno de tales métodos sirve para todo y ninguno es tampoco prescindible. Cada uno consigue cumplir un cometido de modo especialmente eficaz, por lo cual es aconsejable aplicarlos cuerdamente. Así:

- a) La inspección en tierra es ventajosa económicamente para la certificación de los horarios de salida (control de salida) así como para todas las labores de verificación del estado físico de los vehículos. Ocasionalmente también se usa para comprobar la hora de paso de las unidades en algunos puntos notables.
- b) La inspección a bordo permite certificar el cobro correcto de las tarifas, constatar el apego al trayecto y verificar los niveles de ocupación.
- c) Los relojes checadores coadyuvan al respeto de los horarios del servicio. No lo consiguen de manera continua; no logran garantizar el control del tiempo de viaje al nivel de cada parada. Sin embargo, colocados estratégicamente en lugares considerados críticos (en puntos de bifurcación de los derroteros y en los *cierres de circuito*) permiten reducir las irregularidades en la operación. Son prácticos, relativamente económicos y, de ser respetados por los conductores, son muy eficaces.
- d) Las tablas de operación, al igual que el cuadro de tiempos, son de una gran ayuda para el control. Constituyen una representación explícita de cómo se pretende que funcione la operación; ambos son complementarios. En tanto que el cuadro de tiempos está dirigido al público para

su información general, las tablas de operación están dirigidas al personal operativo y actúan tanto como elementos de información como de coaccionadores del correcto cumplimiento de los lapsos de trabajo.

- e) Los relojes maestros son dispositivos que se colocan en los lugares de parada con el fin de controlar los horarios de los arribos. Aunque son relojes, no todos muestran la hora exacta del día; sólo lo hacen los que están localizados en las terminales. Los demás acusan un desfase horario progresivo con respecto a las terminales, destinado a reproducir la hora de salida de los vehículos a su paso por las paradas. Es decir, si la unidad hubiera salido a las 12:00 hr, todos los relojes del camino indicarán las 12:00 al paso de ese vehículo, siempre que el tiempo entre paradas se haya respetado.

Ciertamente, semejante posibilidad es muy remota, sobre todo en los servicios de tránsito libre. Sin embargo, las desviaciones de la hora exacta que se encuentren al pasar, le sirven al conductor para saber si el servicio va adelantado o atrasado con respecto al horario estipulado.

- f) Existen equipos mecánico-eléctricos o electrónicos —los tacógrafos y las computadoras de a bordo, por ejemplo— que facilitan el manejo operativo de las unidades, ejerciendo sobre ellas un control bastante rígido y continuado. En ambos casos se les ha orientado predominantemente hacia el vehículo, del cual se llega a conocer *a posteriori* su comportamiento. Los tiempos en reposo o en movimiento, la velocidad alcanzada, los kilómetros recorridos, y otros conceptos, quedan grabados de manera diversa pero reproducible en algún dispositivo del aparato —gráficas, cintas magnéticas o *disketes*—, de modo que, llegado el caso, se puede saber qué hizo o cómo se comportó la unidad bajo el comando de un operador. Esto entraña indudables ventajas que han provocado que poco a poco más y más unidades de transporte estén equipadas con alguno de esos dispositivos (al principio sólo lo usaron los vehículos de carga, pero más recientemente se han incorporado a la práctica los autobuses foráneos y algunos urbanos).

La citada aceptación por parte del transporte de personas, ha coincidido con una nueva orientación de los equipos: la detección del comportamiento de los pasajeros. Aunque con ciertas imprecisiones todavía, algunos de los nuevos equipos detectan ya ascensos y descensos de pasaje con buena confiabilidad, por lo que su futura proliferación no será de extrañar.

caso particular de instalación orientada al control lo constituye el **Puesto Central de Control —o PCC—**. Por su singular eficacia aunada a un muy alto costo conviene describirlo separadamente.

Puesto Central de Control o PCC es una instalación en la que se concentra la información referente a los servicios y se toman decisiones ante situaciones ordinarias o fortuitas. Cuando existen los enlaces radiofónicos necesarios, los vehículos están en contacto continuo con el PCC en espera de indicaciones o haciendo consultas. Es también frecuente que el personal de supervisión de la calle mantenga un enlace telefónico formal con el PCC.

El personal del PCC tendrá a su cargo tanto la supervisión del proceso operativo normal, como el diseño de los reajustes a que obliguen las circunstancias. Es la residencia normal de **Jefes de Servicio** o de **Operación**, o de sus asistentes. Aunque persiste la impresión de que sólo los grandes sistemas (Metro especialmente) ameritan la existencia de un PCC, guardando la debida proporción todos los sistemas debieran contar con ese establecimiento. Los PCC pueden ser de dimensiones diversas, siempre acorde con los servicios que coordinan. En los casos de los sistemas metropolitano, en la misma instalación se agrupa el mando operativo y el control de la distribución de energía, por ejemplo; en tanto que en otros sistemas de menor nivel de complejidad, la instalación puede consistir en un local en donde se centralice cierta información más bien modesta y los mandos y controles respectivos (boletaje, asignación de rutas o cambios de turno).

3.7.3. Documentos para el control del servicio

La documentación necesaria para ejercer el control depende de cada tipo de servicio y de cada organización. En ocasiones puede llegar a ser excesivamente compleja, sobre todo si se quiere pormenorizar en cada detalle. Concretándose a lo mínimo indispensable, la documentación se puede reducir a los siguientes elementos:

- a.- El cuadro de control general del servicio,
- b.- La hoja de control de despacho,
- c.- La hoja de reportes de fallas.

Cada uno de ellos cumple con una misión específica y es diseñado y aplicado por un personal en particular. Así:

3.7.3.a. Cuadro de Control General del servicio

Expresa la forma como se distribuye el equipo rodante a lo largo de la jornada. Incluye tanto el orden de salida como su distribución en el tiempo. Es decir, se trata de un cuadro de datos operativos que generalmente se elabora con cierta anticipación, y cuyo contenido es el siguiente:

- La denominación del servicio,
- Los datos generales —frecuencia en HMD, tipo y número de unidades, horarios del servicio—, de todos los trayectos operados por la empresa.
- Relación de vehículos activos y de unidades en mantenimiento,
- Orden secuencial de salida de los vehículos, referido a sus números económicos de identificación,
- Horarios de salida de las terminales durante la jornada de trabajo,
- Horarios de paso de los vehículos por los puntos de control establecidos.

Esta información está orientada a los prestadores del servicio: personal de despacho, choferes y personal de mantenimiento cotidiano (*ver* Capítulo 5). Su elaboración estará a cargo del área de análisis operativo de la empresa y deberá ser renovada preferentemente cada semana.

3.7.3.b. La Hoja de Control de Despacho

Es una parte del documento anterior. Se refiere a cada recorrido en particular y constituye la guía bajo la que habrán de trabajar las unidades que lo operen. Incluirá, para el trayecto de que se trate, lo siguiente:

- La denominación del servicio (origen y destino del recorrido).
- Sus datos generales: frecuencia en HMD, tipo y número de unidades y horario de servicio.
- Relación de vehículos activos.
- Orden secuencial de salida de los vehículos, referido a sus números económicos de identificación.
- Horarios de salida de las terminales durante la jornada de trabajo.
- Horarios de paso de los vehículos por los puntos de control establecidos.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

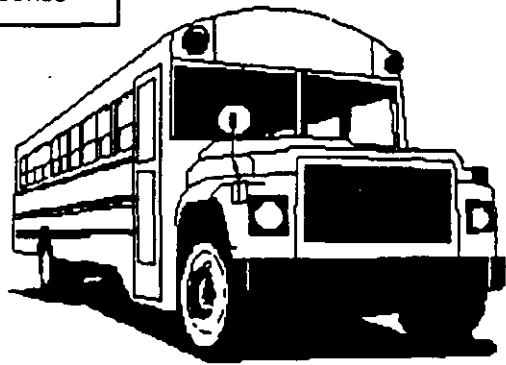
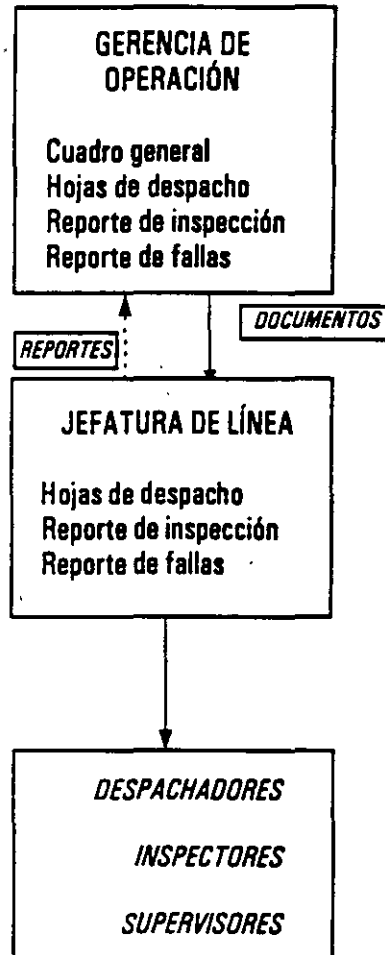


Figura 3.5. Esquema del manejo de la información de control

Esta información es de uso particular del personal de despacho o de inspección del o de los recorridos implicados y será supervisado por el Jefe de Operación. De acuerdo con lo explicado antes, su elaboración y periodicidad se regirá por la del Cuadro de Control General.

3.7.3.c. Hoja de Reportes de Fallas

Es una hoja prevista para reportar las contingencias del equipo rodante. Se le usará para informar sobre las fallas vehiculares en ruta, generalmente de las unidades que, habiendo sido programadas, hubieran sufrido algún percance o algún desperfecto mecánico.

Este tipo de reporte lo generará el propio personal de despacho o de inspección en ruta. Su forma de aplicación estará prevista en el *Manual de Operación* de la empresa.

En la Figura 3.5 se esquematiza el manejo de esta información y en el Apéndice, en la documentación del *Manual de Trabajos de Campo*, se proporcionan varios de los formatos requeridos para llevar el control de la operación.

ANEXO 3.1

Problema 3.4.

En la Tabla 3.5 se reproduce el resultado del estudio de ascenso y descenso de la ruta (ver Problema 1.7 en el Anexo 1.2). Ahí mismo se indican las distancias que hay entre los puntos de parada y los tiempos transcurridos en recorrerlas.¹⁰

Aplicar el modelo MOR a los datos. Obtener la frecuencia operativa más adecuada, el número y tipo de unidades que es requerido y elaborar el cuadro de tiempos del día.

Tabla 3.5. Resumen del ascenso-descenso de una ruta de transporte urbano.

Carácter	Núm	Nombre	Distancia	Tiempo	Pas. Suben	Pas. Baján	Pas. Abordo
TERMINAL	1	Aragón	100	0.20	11	0	11
ESTACION	1	Calle 449	900	1.80	4	0	15
ESTACION	2	J. L. Fabela	800	1.60	9	1	23
ESTACION	3	16 de Sept	900	1.80	12	3	32
ESTACION	4	Gran Canal	420	0.84	14	8	38
ESTACION	5	E. Molina	540	1.08	17	14	41
ESTACION	6	Clz. S. Juan	420	0.84	5	3	43
ESTACION	7	F. C. Hidalgo	980	1.96	14	25	32
ESTACION	8	5 de Febrero	760	1.52	21	25	28
ESTACION	9	Misterios	680	1.36	24	6	46
ESTACION	10	Insurgentes	440	0.88	11	10	47
ESTACION	11	Riobamba	570	1.14	9	14	42
ESTACION	12	Av. IPN	600	1.20	9	5	46
ESTACION	13	Sullana	650	1.30	4	6	44
ESTACION	14	Eje Central	600	1.20	11	11	44
ESTACION	15	Norte 331-A	400	0.80	0	1	43
ESTACION	16	Calz. Vallejo	480	0.96	9	6	46
ESTACION	17	C. Norte 45	560	1.12	3	3	46
ESTACION	18	C. Norte 59	480	0.96	1	2	45
ESTACION	19	Av. Ceylán	930	1.86	1	1	45
ESTACION	20	Av. Granjas	680	1.36	1	1	45

¹⁰ Los datos son los de un caso real estudiado en la Ciudad de México en el año 1990 (W del A).

ESTACION	21	Av. S. Pablo	1,200	2.40	10	11	44
ESTACION	22	FC. Central	560	1.12	10	13	41
ESTACION	23	Cult. Norte	890	1.78	12	13	40
ESTACION	24	Cult. Nahuatl	500	1.00	3	32	11
ESTACION	25	Cierr. Armas	500	1.00	0	11	0
ESTACION	26	Cult. Nahuatl	500	1.00	11	5	6
ESTACION	27	Cult. Norte	890	1.78	15	11	10
ESTACION	28	FC. Central	560	1.12	15	10	15
ESTACION	29	Av. S. Pablo	1,200	2.40	5	6	14
ESTACION	30	Av. Granjas	680	1.36	4	5	13
ESTACION	31	Av. Ceylán	930	1.86	4	5	12
ESTACION	32	C. Norte 59	480	0.96	3	5	10
ESTACION	33	C. Norte 45	560	1.12	2	4	8
ESTACION	34	Calz. Vallejo	480	0.96	5	9	4
ESTACION	35	Norte 31-A	400	0.80	3	1	6
ESTACION	36	Eje Central	600	1.20	10	7	9
ESTACION	37	Sullana	650	1.30	6	5	10
ESTACION	38	Av. IPN	600	1.20	7	6	11
ESTACION	39	Ríobamba	570	1.14	1	8	4
ESTACION	40	Insurgentes	440	0.88	4	5	3
ESTACION	41	Misterios	680	1.36	3	5	1
ESTACION	42	5 de Febrero	760	1.52	27	17	11
ESTACION	43	FC. Hidalgo	980	1.96	33	20	24
ESTACION	44	Calz. S. Juan	420	0.84	3	4	23
ESTACION	45	E. Molina	540	1.08	10	9	24
ESTACION	46	Gr. Canal	420	0.84	15	7	32
ESTACION	47	16 de Sept	980	1.96	2	2	32
ESTACION	48	J. L. Fabela	800	1.60	0	4	28
ESTACION	49	Calle 499	900	1.80	0	2	26
ESTACION	50	Calle 1527	700	1.40	0	3	23
TERMINAL	II	Aragón II	900	1.80	0	5	REVISAR

Solución:

El análisis de la ruta requirió hacer tres ensayos, además del cálculo directo que arrojó cifras de sobrecarga en los vehículos.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Aplicación del Cálculo directo.

La frecuencia de operación a partir del cálculo directo se estableció con base en los datos de la parada número 43 (FC. Hidalgo, en el sentido Poniente-Oriente) en la cual se observó un ascenso muestral de 33 pas/ viaje en promedio o sean, 462 pas/HMD.

Aplicando la expresión del cálculo directo, se tiene, para un vehículo de 70 pasajeros, lo siguiente (ver la ecuación 2.6):

$$F_0 = \frac{462}{70} = 6.6 \text{ veh/HMD (aproximadamente 7 veh)}$$

Este valor de la frecuencia deja no obstante un número importante de pasajeros sin atender (del orden del 40%) en varios tramos del trayecto.
(ver el cuadro de resumen de la página siguiente.

<i>Frecuencia</i>	<i>Núm veh</i>	<i>pas/vuelta</i>	<i>pas/veh/día</i>	<i>Dem. Atend.</i>
7	16	837	3,587	62 %

De las cifras anteriores hay dos que resultan significativas, esto es:

- Los pasajeros por vuelta y por día son claramente excesivos;
- En contraste, la demanda atendida, medida en porcentaje durante la HMD, es curiosamente baja (62%); una vez hechas las correcciones necesarias ante la imposibilidad de transportar semejante cifra.

Por lo que se ve, no hay una explicación suficientemente buena para ambos resultados simultáneos: vehículos sobrecargados, y a la par una importante demanda insatisfecha. Esto habla de un diseño deficiente.

Aplicación del MOR.

Tales resultados apoyaron la conveniencia de aplicar el MOR. Para el efecto, se ensayaron tres valores nuevos de la frecuencia: 10, 12 y 15 veh/HMD. Una parte de la aplicación aparece en la página 132 (parte de uno de los ensayos) y los resultados se ilustran en el cuadro que sigue:

CAPÍTULO 3

LA OPERACIÓN II. EL PLAN DE EXPLOTACIÓN

PROYECTO	Aragón-Armas			
CONCEPTOS GENERALES		15 veh/hora	70 pas/veh	
ITERACIONES EFECTUADAS - 12	ITERACIONES ESTIPULADAS	- 1	por vuelta	
AMPLITUD DEL SERVICIO	- 16	LONGITUD DEL VIAJE (m)	- 34,160	
VUELTAS ANALIZADAS	- 12	HMD	Recorrido:	
FRECUENCIA EN LA HMD	12	0	4.0 min. de intervalo	
OPERADOR DEL PROCESO - 1		0		

DATOS DE LA RUTA		TERMINAL	ESTACION	ESTACION	ESTACION
NUMERO DE ORDEN DE LAS PARADAS:		0	1	2	3
DESIGNACIÓN DE LA PARADA:		Aragón	Calle 449	J. L. Fabala	16 de Sept.
DISTANCIA DE INTERESTACIÓN:		100	900	800	900
TIPO DE PARADA (0, 1, 2, 3 ó 4):		1	1	1	1
	<i>VarAsCod</i>	0	0	0	0
	<i>VerDesCod</i>	0	0	0	0
ESTADISTICA DE USUARIOS		11	4	9	12
ARRIBO DE PASAJE (MUESTRA):		154	58	128	168
ARRIBO DE PASAJE BASE EN HMD		12	4	10	14
ARRIBO ESPECIFICO PRESENTE:		1	0	1	1
VARIABILIDAD EN EL ARRIBO:		12	4	10	14
ARRIBO MAS PROBABLE:		12	4	10	14
PASAJE ESPERANDO:		0	0	1	3
DESCENSO DEL PASAJE (MUESTRA):		0	0	1	4
DESCENSO OBSERVADO EN HMD		0	0	0	0
VARIABILIDAD DEL DESCENSO:		0	0	-1	-3
DESCENSO CALCULADO:		70	58	55	48
CUPO DISPONIBLE:		12	4	10	14
ASCENSO MEDIO CALCULADO:		12	16	25	36
PASAJE ABORDO:		12	4	11	17
ARRIBO MENOS DESCENSO NETO (prueba)		0	0	0	0
PASAJE REMANENTE:		12	16	28	40
PASAJE TRANSPORTADO:		30	10	25	35
ESPERA PARADAS EN LA HMD					

ESTADISTICA DEL SERVICIO		0.33	3.00	2.67	3.00
TIEMPO DE TRAYECTO OBSERVADO:		0.00	0.00	0.00	0.00
VARIABILIDAD DE TIEMPO DE TRAYECTO:		0.05	0.05	0.05	0.05
DEMORA POR INTERFERENCIAS:		0.38	3.05	2.72	3.05
TIEMPO TRAYECTO CALCULADO		15.65	17.70	17.67	17.70
VELOCIDAD DE MARCHA (BASE Y CALCULADA)	18	0.33	0.33	0.33	0.33
TIEMPO DE ASCENSO/DESCENSO:		0.41	0.41	0.41	0.41
TIEMPO DE PARADA:		0.80	3.48	3.13	3.48
TIEMPO INTERESTACION:		0.80	4.28	7.93	10.85
TIEMPO INTERESTACION ACUMULADO:		0.00	12.68	6.50	4.98
VELOCIDAD COMERCIAL:		10	55	78	125
TIEMPO-VIAJE/INTERESTACION:					

RESUMEN DE LA OPERACIÓN	ITERACION	PROMEDIO	
VEHICULOS NETOS REQUERIDOS	32	32	unidades
DURACIÓN DEL VIAJE	147.32	147.32	min./veh/viaje
VELOCIDAD COMERCIAL:	13.91	13.91	km/hr
NUMERO DE VUELTAS:	3	3	vueltas/veh/día
PASAJEROS TRANSPORTADOS:	441	441	pas/veh/viaje - 945 pas/veh/día
DEMANDA ATENDIDA:	1.4	5.292	pas/HMD - 3(24) pas/flota/día
DEMANDA NO ATENDIDA (NUM. Y %)		931	pas/HMD - 16% de la demanda
INDICE DE OCUPACIÓN PROMEDIO:	68%	68%	de la capacidad
TIEMPO/PASAJERO/VIAJANDO:	15.01	15.01	min/pasajero/viaje

Tabla 3.9 Aplicación del MOR

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

<i>Frecuencia</i>	<i>Núm veh</i>	<i>pas/vuelta</i>	<i>pas/veh/día</i>	<i>Dem. Atend.</i>
10	27	526	2,254	91 %
12	32	441	1,890	92 %
15	40	356	1,526	92 %

La demanda atendida es substancialmente mayor con las frecuencias 12 y 15, las cuales presentan una transportación por vehículo y por día más razonable: 1,890 y 1,526, respectivamente.

Asimismo, comparando entre sí los resultados de $F_o = 12$ y $F_o = 15$, se puede ver que en tanto que con 12 veh/HMD se logra mover el 92% de la demanda, con 32 autobuses que transportan diariamente 1,890 pas, los 15 veh/HMD de la otra opción implican 40 unidades que mueven 1,526 cada una y que también representan el 92 % de la demanda. Vemos entonces que el esquema de transportación más conveniente es el que maneja una frecuencia $F_o = 12$ veh/HMD.¹¹

Para elaborar el cuadro de tiempos hace falta precisar las horas inicial y final del servicio y la distribución horaria de la demanda. Estas son:

Hora inicial - 05:00 horas (5 de la mañana);
Hora final - 22:00 horas (10 de la noche).

Mostremos ahora el diseño del Cuadro de Tiempos (una fracción de él).
Cuadro de tiempos del servicio (de las 7:00 a las 12:20 horas)

¹¹ Conviene insistir en que esto no se puede verificar con el simple cálculo directo (*V del A*).

CAPITULO 4

LA OPERACION III. CASOS ESPECIALES

4.1. Singularidades operativas

Los manejadores del transporte siempre han tenido en mente la preocupación de cómo hacer más eficiente la operación, sobre todo en aquellos sistemas que comparten su derecho de vía con la circulación general y que, por ese hecho, deberán sortear todo tipo de interferencias que alteran de modo desfavorable los horarios del servicio. Es así como a lo largo de los años han llegado a formularse maneras de mejorar las condiciones de la operación, introduciendo esquemas y procedimientos orientados a ese fin. Entre las diferentes soluciones que han aparecido, las más efectivas y originales son cinco:

- a) Carriles exclusivos o preferenciales.
- b) Operación en convoy.
- c) Redes integrales de transporte.
- d) Optimización de recursos.
- e) Servicios combinados.

La primera —los carriles exclusivos o preferenciales— aparentemente se originó en Puerto Rico y ha sido abundantemente explotada en ciudades de todo el mundo, lo que la hace una de las soluciones más efectivas y confiables. La operación en convoy nació en San Pablo, Brasil; se ha usado con mucho acierto unas veces y otras con poca fortuna, básicamente debido a que no siempre se han cumplido las condiciones que la hacen recomendable. El tercer ejemplo es mexicano: en 1979, con la creación del sistema de ejes viales de la Ciudad de México se planteó un esquema vial integrado, orientado al transporte —la Red Ortogonal—, que obedecía a ciertas premisas funcionales. No llegó a ser probado suficiente tiempo y se le descartó. El cuarto planteamiento resulta ser producto de la aplicación de las técnicas de la Investigación de Operaciones; a pesar de su indudable efectividad su empleo ha sido esporádico en el transporte urbano y se le ha usado más para el manejo de flotillas de carga. Finalmente, el quinto esquema se debe a la concurrencia de servicios de distinta índole —el transporte urbano y el suburbano simultáneamente, por ejemplo— y a un empleo cada vez más frecuente de equipo diversificado dentro del mismo servicio

(autobuses y minibuses, o microbuses y camionetas intercalados). En seguida se hará una descripción de cada una de esas opciones.

4.1.1. Carriles exclusivos y preferenciales

Por definición, los carriles exclusivos y los carriles preferenciales para el transporte son ciertos acondicionamientos físicos de la vía pública, tendientes a crear una plataforma de circulación, exclusiva o preferencial, para los transportes de superficie, que permita un manejo operativo independiente del tránsito general. En la instrumentación de los carriles para el transporte público —exclusivos o preferenciales— además de las cuestiones típicas del ámbito de la obra civil, aparecen otras del área operativa que es preciso entender y aprovechar.

El proyecto civil de un carril para circulación independiente incluye el diseño geométrico del trazado, las características constructivas, el señalamiento, los aspectos de ingeniería de tránsito (funcionamiento vial, manejo del tránsito, etc) y el mobiliario urbano. Complementariamente a eso, el proyecto operativo comprende los estudios de mercado —los estudios de demanda—, el esquema de funcionamiento y el plan de explotación. En ese sentido puede pensarse en un corredor de transporte con algunas propiedades excepcionales.

La diferencia que existe entre las características orientadas al uso exclusivo o al preferencial son de índole tanto física como operativa. En los carriles de uso exclusivo, el diseño impide en forma total la circulación de otros vehículos que no sean los autorizados. En los carriles preferenciales suele permitirse un tránsito variado, que va desde los vehículos de emergencia únicamente, hasta la ocupación ocasional del carril por cualquier automotor en maniobras de giros direccionales o de acceso domiciliario.

Las propiedades más relevantes de los carriles exclusivos estriban en el hecho de que la circulación de los vehículos de transporte ocurre separada de la de los demás. Esto se consigue mediante la incorporación de elementos destinados a confinar las unidades en el interior del carril —separadores físicos—, que evitan las interferencias que origina el tránsito en general. Una vez logrado eso, el manejo operativo aprovecha todas las ventajas derivadas de la independencia de circulación, mejorándose así varios atributos importantes: la regularidad, la velocidad de marcha y la seguridad, entre otros.

En ese caso el diseño del programa operativo no ofrece entonces dificultad alguna. Todo el planteamiento y la aplicación de las técnicas analíticas se hace normalmente pero considerando las variables operativas —velocidad de marcha y tiempos de parada— adecuadas al caso. Incluso, puede decirse que el grado de precisión de los términos operativos —puntualidad y regularidad— sube sensiblemente.

Tanto por sus aspectos operativos como por los problemas que representa su inserción en el ámbito urbano, la adopción de carriles especiales para el uso de los transportes está sujeta a cierto número de condiciones:¹

- a) Las calles que alberguen carriles exclusivos deben contar cuando menos con dos carriles más de circulación libre por cada carril de tipo exclusivo, o al menos uno más, si el carril fuera sólo preferencial.
- b) No es recomendable colocar los carriles exclusivos adosados a las aceras, por los problemas que acarrearán en los accesos domiciliarios y en las vueltas derecha del tránsito normal. En cambio, los carriles preferenciales deben ubicarse justamente en posición lateral, porque en cualquier otra ubicación provocan demasiada interferencia con el resto del tránsito.
- c) Aunque el volumen vehicular no es el único justificante de unos carriles exclusivos, —también suelen ser recomendables para darle regularidad al transporte—, es muy aconsejable que el número de vehículos que los vayan a transitar no sea demasiado reducido, para no dar la sensación de que están siendo subutilizados. Una separación entre los vehículos, de cuatro minutos o mil quinientos metros, parece ser la cifra máxima recomendable.
- d) Los carriles exclusivos deben ser operados por un solo tipo de vehículo; la inclusión de dos o más tipos de unidad, con características operativas distintas, induce interferencias entre ellos que alcanzan a degradar el servicio. Los únicos casos admisibles serían: *i)* manejo de servicios ordinario y expreso simultáneos, cuando en el proyecto civil se hubieran tomado las providencias necesarias para el rebase, y *ii)* el uso de dos capacidades diferentes de un mismo tipo de vehículo, —con pasajeros parados y sentados y con solo sentados— destinadas a adap-

¹ Estos acondicionamientos rara vez se justifican en las zonas suburbanas (*N del A*).

tar mejor la oferta a la demanda con pocos cambios en la frecuencia operativa global. La operación en convoy (ver el apartado 4.1.2 siguiente) es muy aconsejable para los carriles exclusivos.

Parte y a la vez complemento de este concepto, lo constituyen los "carriles en contrasentido" o "en contraflujo": El nombre mismo no es del todo claro, porque aunque da una cierta idea sobre el propósito, el término carece de una aceptación generalizada.

Son carriles cuya circulación se da en el sentido opuesto del que corresponde al tránsito en general. Su intención obedece a varios objetivos, a saber:

- Evitar por completo las interferencias: los vehículos que intenten circular por ellos lo harán incorrectamente.
- Facilitar el acomodo de los dos sentidos de circulación del transporte en arterias de sentido único:
- Permitir el ascenso y descenso de pasaje sobre camellones o isletas centrales, sin introducir cambios en los sistemas de puertas. Esto se explica en seguida.

Los carriles exclusivos son colocados frecuentemente en la parte central del arroyo. Con el fin de economizar espacio, es común entonces que las áreas de paradero queden también en la parte central para ser compartidas por ambos sentidos simultáneamente. Esto sólo podrá funcionar si los vehículos tuvieran puertas del lado izquierdo, o si los sentidos de circulación se invirtieran, como de hecho se recomienda.

Existen condiciones que limitan la instalación de carriles en contraflujo. Además de las restricciones ya citadas en el caso de los carriles exclusivos, aparecen estas otras más:

- las calles que hubieran de admitir un carril en contraflujo deberán contar cuando menos con tres carriles en total. Las calles de dos carriles solamente, se convierten de inmediato en calles de doble sentido.

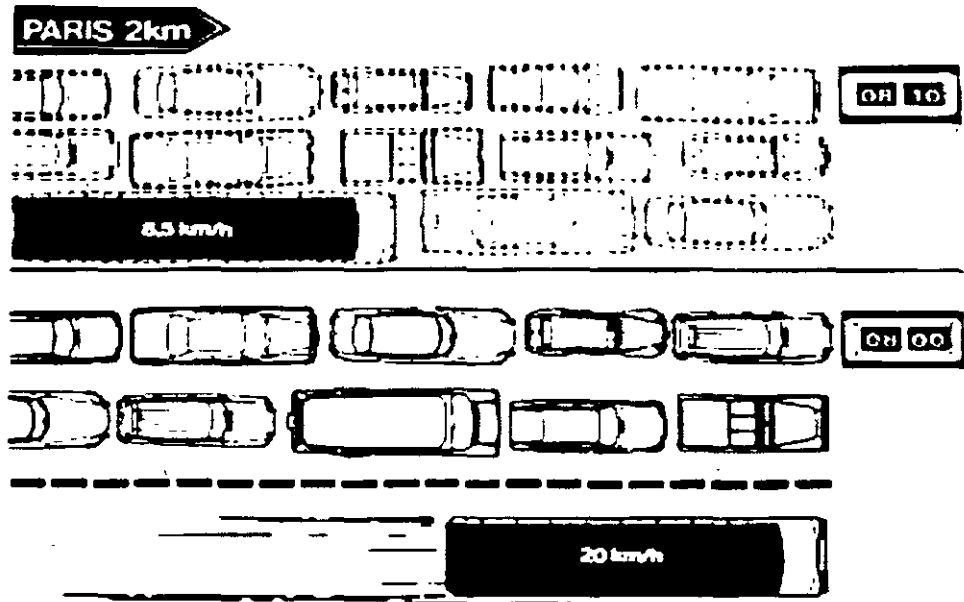


Figura 4.1.a. Sección transversal de una calle con carriles exclusivos

Figura 4.1.b. Señalamiento horizontal en carriles exclusivos

- con mayor razón que con sus similares, los carriles en contrasentido deben ser utilizados exclusivamente por los vehículos del servicio proyectado.
- el señalamiento deberá ser profuso. Es indispensable evitar confusiones que agreguen peligro a la circulación (ver la Figura 4.1.b).

4.1.2. Operación en convoy

La operación en convoy consiste en despachar varios vehículos casi al mismo tiempo, con la intención de que circulen cerca unos de otros y su llegada a los puntos de parada ocurra casi simultáneamente. Como es natural, los lugares de ascenso y descenso deberán ser debidamente acondicionados. Lo que se busca mediante este método puede sintetizarse así:

- Incrementar la capacidad unitaria CU, que ahora estará dada por la suma de las capacidades individuales de las unidades que integran el convoy.
- Mejorar las condiciones de maniobra en las paradas para así reducir los tiempos de ascenso y descenso.
- Controlar el "efecto de acordeón", o sea, la tendencia que se presenta a la formación espontánea de convoyes durante la operación de alta frecuencia. Se sabe que los intervalos de paso por debajo de los tres minutos originan acumulación de vehículos y problemas de regularidad de marcha.



Figura 4.2. La operación en convoy

Con todas esas medidas, la acumulación de pequeñas ventajas —mayores capacidades, menos tiempos perdidos y menores interferencias— conlleva una mejoría global que es mayor que la suma de sus partes. Llevados a la práctica se ha comprobado que un convoy de 6 unidades de 80 pasajeros operando a 6 minutos de intervalo es capaz de transportar más de 6.000 pas/hr. en lugar de los 4.800 pas/hr que sería de esperar; o sea, 20% más.

La integración de convoyes no necesita ser conservada a todo lo largo del trayecto; pueden manejarse convoyes en el tramo intermedio de varias rutas, si éstas concurren en un corredor vial común a todas ellas y transitan sobre él durante un buen tramo. Dicha situación obligará a adoptar disposiciones para organizar los convoyes al principio del tramo, lo que por lo común se logra instalando un puesto de control apropiado.

Como en el caso de los carriles exclusivos, hay condiciones que deben cumplirse para que la operación en convoy resulte recomendable.

- El volumen de pasajeros debe justificar la medida. No sería lógico establecer una operación en convoy donde numerosas unidades viajaran a menos de 50% de su ocupación. Su empleo se justifica cuando la frecuencia operativa, en condiciones ordinarias, aumenta por encima de los 20 veh./hr (es decir, cuando el intervalo $i < 3$ min) y esto se sostiene por un período prolongado.
- Cuando la operación del convoy sólo cubre una parte de los recorridos, es indispensable que la demanda en el tramo sea homogénea. Las maniobras de ascenso se aceleran cuando al arribo de los vehículos las filas de pasajeros ya están acomodadas frente a las posiciones que tendrán las puertas. Si los pasajeros en espera hubieran de ascender sólo a unos vehículos en particular, las maniobras de búsqueda y los nuevos acomodos podrían provocar confusiones que darían al traste con la atención original de facilitar el ascenso. Como una condición adicional en el mismo sentido, el señalamiento de las paradas debe ser profuso y exhaustivo.
- El tramo que se opere en convoy debe estar alojado en algún carril exclusivo o al menos preferencial, para ponerlo a salvo de excesivas interferencias de tránsito. Si esto no lograra conseguirse, se correría el riesgo de producir desarticulaciones en los convoyes, con las consecuencias contraproducentes que fueran de esperarse.

- Sin excepción, los vehículos integrados al convoy deben ser todos del mismo tipo y de iguales dimensiones.²

La operación en convoy es compleja. Las ventajas que reporta sólo son factibles si se siguen escrupulosamente las normas y condiciones estipuladas para su funcionamiento. Como salvedad cabe decir que no es indispensable que tal fórmula operativa se maneje durante toda la jornada hábil: con una planeación cuidadosa puede aplicarse en periodos específicos —en la HMD, por ejemplo—, y fuera de ellos operar normalmente.

4.1.3. Redes integrales. (RO, SARO y SEFI)

Hasta este momento la mayoría de los enfoques se ha dado bajo la tesis de análisis de rutas únicas. Esto ha obedecido más a razones de procedimiento que a eventuales limitantes. Aunque las alusiones a los sistemas de redes han sido marginales, no se soslaya el hecho de que las rutas casi invariablemente son parte de esquemas reticulares de mayor o menor complejidad, y los cuales deben ser analizados integralmente.

Este es un tema más bien privativo del área de la planeación de los transportes, de ahí que la amplitud con que se le haya de tratar deba quedar circunscrita a un mínimo comprensible para no provocar digresiones exageradas sobre el tema. A pesar de ello, el presente comentario sobre las redes integrales deberá ser precedido de algún planteamiento conceptual, necesariamente reducido, en cuanto al papel y el comportamiento de los transportes en el corto y mediano plazos.

No es necesario abundar mucho sobre cómo resolver los problemas que comportan estas teorías. Como ya fue dicho antes, ése es un asunto de otra competencia. Lo que sí nos es permitido aquí es establecer cuáles serían las consecuencias operativas de dicho enfoque, para explicar el porqué de las distintas redes integrales que comentaremos después. Veamos:

En las áreas urbanas los esquemas de cobertura del transporte intentan en general ser compatibles con dos clases de región: aquella parte de la ciudad que puede considerarse consolidada urbanísticamente naciendo, con pocos cambios en los patrones diarios de movimiento, y aquellas otras regiones en las que aún persiste su evolución demográfica, y en las que son frecuentes las modificaciones de los patrones de demanda. Las

² En la ciudad de San Pablo (Brasil) llegaron a operar autobuses y troleobuses en convoy (*W del A*).

conclusiones que se derivan de ello, aunque sea de una manera simplificada, sugieren que las estrategias por aplicar deben comprender también dos clases de redes de transporte, cada una de ellas de acuerdo con el carácter de alguna de las regiones. De ese modo, una de las redes podría ser estable y aun rígida en sus trazados, al menos en el mediano plazo, en tanto que en la otra habrían de tener cabida posibles ramificaciones y modificaciones de los trazados, de conformidad con los cambios de la demanda.

Independientemente de si son rígidas o flexibles, las rutas que configuran las redes estarán sometidas a importantes variaciones en la demanda. Esas mismas redes, por su carácter de sistemas redundantes (ver Apartado B.3.1) aumentan la complejidad de dichas variaciones, exigiendo un gran esfuerzo a las áreas de diseño operativo de las empresas de transporte. Así pues, nos encontramos con la necesidad de buscar soluciones operativas diferentes sobre dos sistemas interconectados —redes de transporte—, de distinta índole geométrica. En otras palabras, las frecuencias de operación de las rutas de tales redes, se deben proyectar tomando en cuenta que:

- 1) En la red fija, todo cambio en la demanda deberá poderse absorber mediante ajustes en las frecuencias, y su función primordial estribará en facilitar los movimientos y los intercambios de la zona densa.
- 2) En cambio, la red cambiante deberá permitir ajustes tanto de frecuencia como de derroteros, y en buena medida puede considerarse que se comportará como una red complementaria de la primera. A menudo operará como un sistema colector o de alimentación y, complementariamente, como un sistema de distribución. De esa manera sus parámetros operativos deben proyectarse de modo congruente a esa doble función.
- 3) La interconexión entre ambas redes —así como algunas partes de la red fija— ameritará la presencia de "servicios de refuerzo" que consigan intensificar la frecuencia localmente. Este concepto de reforzamiento localizado tendría la misión de atender las puntas violentas que suelen presentarse en los lugares de intercambio. No es remoto entonces que esos reforzamientos obliguen a la instalación de terminales adicionales suplementarias, localizadas en ciertas partes intermedias del recorrido principal.

Cada uno de esos planteamientos da lugar a un concepto distinto del manejo operativo, lo cual se traduce en tres diseños particulares complementarios: una red fija, la Red Ortogonal o RO; un Sistema Alimentador de la citada Red Ortogonal o SARO; y unos Servicios de Frecuencia Intensiva o SEFIs. (ver la Figura 4.3).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Figura 4.3. Representación esquemática de una Red Integral de Transporte³

³ El ejemplo adoptado es el de la Ciudad de México, D.F. en 1980 (N del A).

146

4.1.4. Optimización de recursos

Este concepto engloba cierto número de problemas operativos resueltos con apoyo en técnicas matemáticas complejas, pero con las que se consiguen buenos resultados. Dichas técnicas son muchas y muy variadas. Generalmente se han empleado para mejorar las condiciones de operación del transporte de bienes, pero su falta de uso en el transporte de personas indica más bien desconocimiento y no inutilidad. Aquí pasaremos revista, casi sin entrar en detalle, de cuatro casos comunes, sin que ello represente el desahogo total del tema. Para información más completa, se recomienda consultar la bibliografía alusiva del capítulo. Veamos los cuatro casos.

- 1.- **Pronóstico de la frecuencia.** Se ha repetido ya bastante que la demanda de transporte varía continuamente según ciertos patrones bien conocidos y susceptibles de ser identificados. Esto conlleva la posibilidad de pronosticar anticipadamente la evolución que tendrá la demanda desde el inicio del día y a lo largo de la jornada. El empleo de técnicas econométricas basadas en observaciones oportunas, permitiría seleccionar, de entre varios, el mejor esquema de oferta en cierto momento, es decir, sería posible retroalimentar el programa básico de operación anticipando los cambios previsibles.
- 2.- **Distribución del equipo.** Cuando las unidades del transporte son distribuidas en las distintas rutas a partir de cierto número de depósitos, surge la pregunta de cuál es la mejor manera de hacerlo. Por lo común hay unos pocos lugares de pernocta (depósitos) y un número mayor de rutas, cada una de las cuales requiere de su propia cifra de vehículos para su operación. Este es un problema que en ámbitos distintos ha llevado al desarrollo de una técnica conocida con el nombre de **Sistema de Distribución Física**. El propósito final de la técnica aludida radica justamente en la definición del esquema de distribución, en este caso de los vehículos, con base en el costo o en el tiempo de traslado desde los depósitos.
- 3.- **Dimensionamiento de paraderos.** La dimensión de los lugares de ascenso y descenso de pasajeros, estén estos repartidos a lo largo de las rutas o concentrados al extremo de ellas, llega a tener importancia en la medida que su instalación implica gastos a veces muy considerables. La aplicación de la Teoría de las Colas, también muy conocida en el área de la Investigación de Operaciones, representa un apoyo muy viable para dar respuesta a dicho interrogante.

4.- **Selección del equipo rodante.** En el Capítulo 1, al mostrar la Gráfica F-C, se dio un primer acercamiento sobre la selección del equipo rodante. Cuando se plantean opciones de selección de equipo con base en la demanda, el método sugerido permite lograr una buena aproximación. No obstante, no es el único aspecto que deberá tomarse en consideración. Aparte de los enfoques de diseño antropométrico, la selección del equipo está sujeta a restricciones diversas cuya solución suele caer en el ámbito de la temática de la Investigación de Operaciones. Lo mismo puede ocurrir si son varios los equipos que teóricamente resuelven un caso; en tal situación puede ser conveniente acudir a métodos de evaluación económica que parecieran más típicos de otras disciplinas (ver los Capítulos 5 y 6).

4.1.5. Servicios combinados

Más que una tesis para mejorar la eficiencia de la operación, los *servicios combinados* responden a una necesidad práctica. En cualquier ciudad, —las ciudades pequeñas ya no constituyen la excepción— es común constatar la existencia de unidades de transporte de varios tipos formando combinaciones diversas. Si a eso se agrega que sobre los principales corredores de movimiento de las ciudades tiende a concentrarse la demanda y la oferta, podremos deducir que la operación combinada es un fenómeno bastante común, y que también podría aplicársele algún enfoque analítico especial.

Con la ausencia del diseño y manejo de frecuencias apropiadas, los reemplazos de algunos vehículos por otros de capacidad diferente y de comportamiento vial distinto, provocan casi exactamente lo contrario de lo que se quiere conseguir, aunque esto pueda no ser evidente.

¹ Cuando en los trayectos han coincidido modos de transporte diferentes, no se han tomado en cuenta las diferencias o se han estudiado por separado, ignorando el efecto que ejercen sobre el mercado vehículos distintos operando juntos. Así, nos encontramos con que se permite trabajar mezclados autobuses y combis, o se sustituyeron aleatoriamente combis por minibuses, en un afán comprensible pero impráctico de mejorar la capacidad de transporte. Un fenómeno contemporáneo en México (1991 - 1995) ha sido el paulatino cambio, a menudo en proporción uno a uno, de autobuses muy viejos por microbuses nuevos. Al crecer el número de sustituciones se dio una gradual reducción de la oferta, que si bien al principio resultaba desapercibida al correr del tiempo se agudizó sin que nadie pareciera advertir la verdadera causa. Después, se optó por concesionar en exceso para paliar las deficiencias, orillándose una importante insuficiencia de ingresos. Tal política, sumada a la desactualización tarifaria, lejos de remediar la escasez de transporte originada por la obsolescencia del equipo, estuvo dando al traste con el desarrollo del servicio. (N del A).

La operación de los servicios combinados deberá ser soportada por un diseño cuidadoso de sus frecuencias. El mecanismo para lograrlo puede seguir varios caminos, dependiendo de ciertas circunstancias: por ejemplo:

- a) De la proporción que guardan unos y otros vehículos. Cuando las proporciones son bajas, la frecuencia de establece para las unidades mayoritarias y, una vez calculado un intervalo de paso principal, las otras unidades —las que son menos— se intercalan estratégicamente con el propósito de reforzar o atenuar la oferta en los momentos adecuados. Por contra, si la proporción es alta o cuando está más o menos equilibrado el número, el cálculo de las frecuencias de trabajo es más laborioso. Comienza con la determinación de un "vehículo equivalente", diseñado con base en la proporción existente de unidades, a continuación se estima una frecuencia acorde a esa unidad hipotética y, finalmente, se redistribuyen los intervalos de salida para adaptarlos al manejo de vehículos distintos. El Problema 4.1 muestra un caso de este tipo.
- b) De si los vehículos compartirán los lugares oficiales de parada. Cuando esto no ocurre debe dissociarse el análisis entre los dos tipos de unidad, dada la dificultad de seguir un criterio homogéneo de diseño. A la postre, quiérase o no el mercado se seccionará solo, separando completamente los servicios.
- c) De si los diferentes tipos de vehículo fueran a compartir toda la longitud del trayecto. Hay veces que, cuando la ocasión se hace propicia, no es una obligación dar a las distintas unidades el mismo tratamiento operativo. En tal caso algunas unidades pasan a constituir servicios complementarios —SEFs—, aplicandolos sectorialmente sin demérito de sus niveles de ocupación.

La operación combinada no es fácil de programar ni sencilla de manejar adecuadamente. Su presencia es siempre el resultado de alguna circunstancia o eventualidad, por ello no debe esperarse que resulte funcional por mucho tiempo. En general se da por descontado que todos los vehículos pertenecen al mismo servicio. Si ello no es así, la realidad obliga al trato separado, aunque en estos casos el problema persiste al nivel de la distribución de las paradas.

Este es un fenómeno irremediable durante el desarrollo de programas de sustitución masiva de unidades. Dado que no es viable sustituirlas todas de un solo golpe, el cambio paulatino orilla a la presencia de varios vehículos distintos durante periodos a veces prolongados (Ver el A)

Problema 4.1.

En una ruta de transporte que atiende una demanda de punto de 860 pas/hr existe una combinación de autobuses de 70 pas al 60%, y minibuses de 40 pas al 40%. Definir el intervalo i que se debe adoptar.

Solución:

Empecemos por encontrar la capacidad unitaria del «vehículo equivalente», de acuerdo con la proporción que existe:

$$C_{Ueq} = 70 \times 0.6 + 40 \times 0.4 = 58 \text{ pas/veh.}$$

A partir de ahí se calcula la frecuencia de operación y el intervalo que en este caso también se les considera equivalentes —o sea, F_o' e i' —.

$$F_o' = \frac{860}{58} = 14.8 \text{ veh/hr; o sea, } i' = 4 \text{ min}$$

Luego, se recalcula la frecuencia de cada tipo de vehículo.

$$F_o(B) = 0.6 \times 14.8 = 9 \text{ autobuses;}$$

$$F_o(M) = 0.4 \times 14.8 = 6 \text{ minibuses.}$$

Es decir, cada hora que permanezca esa demanda habrá que dar salida a 9 autobuses más 6 minibuses. El intervalo de salida dependerá de la forma de la curva de demanda dentro de la hora de análisis.

4.2. Sensibilidad del intervalo

Una de las razones de que muchos esquemas operativos parezcan funcionar perfectamente aun sin haber sido concebidos de una manera técnica, concierne al concepto de *sensibilidad*. Explica ello el porqué, bajo oscilaciones limitadas de la demanda, los intervalos de salida no parecen requerir ningún cambio.

La razón de ello estriba en el hecho de que la frecuencia F_o y el número neto de vehículos N_n que requiere un servicio están íntimamente ligados

a la duración de la vuelta v y no es posible fragmentarlos. Así, si en una distancia de recorrido de 20 km se emplea una hora, seis vehículos ($N_n = 6$) permiten v obligan a una frecuencia $F_o = 6$ y a un intervalo de salida $i = 10$ min; a su vez $N_n = 7$ lleva a $F_o = 7$ e $i = 8.57$ min, y así sucesivamente. No hay una solución exacta para $i = 9$ min ($F_o = 6.67$) dado que eso implicaría $N_n = 6.67$ vehículos, lo cual no es posible. Vemos entonces que entre $N_n = 6$ y $N_n = 7$ puede darse un número variado de intervalos.

Admitiendo la posibilidad de definirlos con una variación de 30 segundos, entre $i = 10$ min e $i = 8.57$ min, hay dos intervalos más (9 y 9.5 min) posibles de programarse. Es decir, con 6 vehículos puede manejarse un intervalo de 10 minutos, pero con 7 unidades podría llegarse a operar a cada 8.5, 9 ó 9.5 minutos indistintamente, con cierto "desperdicio" de equipo. Por medio de los análisis de sensibilidad es posible cuantificar esta tolerancia, logrando así establecer, en cada caso, entre qué límites podría variar el intervalo —y por ende la oferta— para valores enteros del número de unidades N_n .

Eso es posible definirlo por medio de las expresiones que nos relacionan a F_o con T_v y con N_n , las cuales expresan lo que sigue:

$$N_n = T_v \times F_o \quad (\text{ecuación 2.10})$$

y, sabiendo que
$$i = \frac{60}{F_o} \quad (\text{ecuación 2.5}),$$

la ecuación 2.10 puede escribirse así:

$$N_n = \frac{60 T_v}{i} \quad (\text{ecuación 2.10, bis})$$

de ahí es inmediato establecer que:

$$i = \frac{60}{N_n} T_v \quad (\text{ecuación 2.5 bis})$$

O sea que los intervalos i que pueden lograrse resultan de dividir el tiempo de vuelta en minutos ($T_v \times 60$) entre el número de vehículos

programado N_n , por lo que la amplitud de la variación del intervalo δi (delta i) estará dada por la expresión que se obtiene a partir del siguiente razonamiento:

Si llamamos i al valor del intervalo obtenido operando con N_n unidades sobre un traveso cuyo tiempo de vuelta es T_v , —como ya se indicó, eso se calcula con la expresión 2.5 bis anotada antes— y asimismo llamamos i' al valor del intervalo obtenido al cubrir el mismo recorrido con $N_n + 1$ unidades, la ecuación 2.5 bis quedaría entonces:

$$i' = \frac{60 T_v}{N_n + 1}$$

restemos ahora i' de i , tendremos:

$$i - i' = \delta i = \frac{60 T_v}{N_n} - \frac{60 T_v}{N_n + 1} = \frac{60 T_v}{N_n (N_n + 1)}$$

simplificando la expresión, quedará:

$$\delta i = \frac{60 T_v}{N_n^2 + N_n}$$

Este valor δi es la amplitud del intervalo, entendiéndose por tal a aquella modificación de i que conllevara un incremento unitario en el número de vehículos en operación. Es decir, δi es la modificación que admite el intervalo antes de hacerse necesario un aumento unitario de los vehículos. De aquí surge automáticamente el concepto de semiamplitud del intervalo, o sea, la mitad de δi , cuya expresión sería:

$$\frac{1}{2} \delta i = \frac{30 T_v}{N_n^2 + N_n} \quad (\text{ecuación 4.1})$$

Por ejemplo, para el mismo caso citado, si $T_v = 1$ hr y $N_n = 6$, la semiamplitud de la variación del intervalo $\frac{1}{2} \delta i$ vale:

152

$$\frac{1}{2} \delta i = \frac{30 \times 1}{36 + 6} = 0.71 \text{ min}$$

O sea, que el intervalo de salida puede hacerse variar dentro de un rango de 0.71 min en más o en menos con respecto al intervalo de salida teórico, sin tener que hacer cambios en el número de vehículos N_n .

Esto es más sensible en el caso de frecuencias bajas y tiene varias ventajas. La más evidente radica en la posibilidad de jugar con el intervalo de salida, cerrándolo o abriéndolo, —dentro de márgenes limitados—, sin tener que afectar el número de vehículos en operación. Habría veces en que ese pequeño ajuste fuera suficiente para atender leves fluctuaciones de la demanda local. En las frecuencias bajas un vehículo más tiene una mayor importancia porcentual y un mayor costo relativo.

Problema 4.2.

Existe un servicio que opera $N_n = 18$ autobuses de $U = 70$ pasajeros, bajo una frecuencia de operación $F_o = 12$ veh/hr, o sea, $i = 5$ min. Cada vehículo da una vuelta en $T_v = 1.5$ hr. Calcular el valor de $\frac{1}{2} \delta i$, o sea, la semiapertura de la variación del intervalo, y el margen de la oferta adicional si dicha variación máxima se aprovecha.

Solución:

Calcularemos primero la oferta global presente y después y sucesivamente la semiapertura del intervalo.

Oferta global presente: 12 veh/hr de 70 pas = 840 pas/hr.

Semiapertura del intervalo: (de la ecuación. 4.1):

$$\frac{1}{2} \delta i = \frac{30 \times 1.5}{324 + 18} = 0.132 \text{ min} = 7.92 \text{ seg}$$

Se deduce que el intervalo i podrá oscilar de 4.868 min (5.00 - 0.132), a 5.132 min (5.00 + 0.132). Si se toma el mínimo valor posible de i , o sea, $i = 4.868$ min, y con él calculamos la frecuencia operativa resultante F_o' , se podrá estimar el nuevo valor de la oferta. Así.

$$Fo' = \frac{60}{4.868} = 12.325 \text{ veh/hr}$$

y el nuevo valor de la capacidad horaria del servicio C, es decir, la oferta, será entonces:

$$C = 12.325 \times 70 = 863 \text{ pas/hr o sea, 3\% más.}$$

Con el mismo número de vehículos se podrían atender 863 pas/hr, en lugar de sólo 840 pas/hr que resultan del intervalo teórico.

En muchas ocasiones eso puede servir para ajustar los tiempos de marcha, distorsionados por las interferencias de tránsito. En este caso la semiamplitud $\frac{1}{2} \delta_i$ representa el máximo valor de distorsión que puede sufrir el intervalo de paso antes de verse alterado de manera general.

4.3. Emergencias y contingencias

Las emergencias y las contingencias que llegan a presentarse en los transportes implican a veces la necesidad de cambiar algunos aspectos operativos, y hasta la reconfiguración total o parcial del esquema del servicio. Dado que en tales definiciones se incluye toda la variedad de casos anómalos que pudiera ocurrir, se optará primero por identificar el alcance de unas y otras.

4.3.1. Planes emergentes

La noción de plan emergente deriva de la posibilidad, siempre latente, de que, dado el caso, todo o una parte significativa del servicio pudiera interrumpirse por tiempo prolongado, o bien, que en alguna zona de la urbe se presentara una demanda desusada o no prevista en los programas ordinarios.

Existen muchas razones para que esto no sea sólo una simple hipótesis: la falla masiva de aquellos sistemas alimentados con energía eléctrica, los servicios especiales orientados a los espectáculos, las huelgas y los paros, para no hablar sino de lo más evidente, constituyen unos muy claros

ejemplos de tal tipo de situaciones. Cualquiera de ellas, sea cual sea su carácter, tiene de común con las demás varias cosas, a saber:

- a) El problema es inopinado, ocasional y de corta duración relativamente hablando.
- b) El esquema convencional de la oferta no se adapta —sea por ausencia o por incongruencia— a esa situación excepcional.
- c) Los planes emergentes tendrían la doble facultad de cubrir la mayor parte o toda la región del área afectada, y ser susceptibles de instrumentarse completos o en partes.
- d) La oferta derivada de tales circunstancias cubrirá sólo los canales más importantes, sin extenderse sobre toda el área geográfica del problema.
- e) La solución tendrá una vigencia limitada a la duración del problema.
- f) Los cambios introducidos no impedirán la reanudación del servicio ordinario al restablecerse la normalidad.

Las previsiones que habrá que tomar para tener configurado un plan semejante comprenden los siguientes pasos:

- 1) Definir las rutas de transporte que constituirían una red de emergencia.
- 2) Identificar el parque vehicular que habría de cubrir la emergencia. En ocasiones convendrá contar con varias opciones, por ejemplo:
 - vehículos ajenos al servicio ordinario, si lo que se va a prever es la ausencia absoluta del parque normal. Para las fallas en el Metro se preverán autobuses del sistema de superficie; contra el abandono de este último, podría preverse, bien el mismo Metro o los transportes privados colectivos (transportes escolares o de empleados, etc).
 - redistribución del parque actual, si lo que se pretende prever es la aparición de demandas extraordinarias en algún sector de la red (servicios especiales para algún espectáculo o acto cívico con asistencia masiva) o paros parciales.

- combinación de ambas posibilidades.
- 3) Diseñar las condiciones de operación del esquema emergente, o sea: horario, frecuencias, tiempos de trayecto, cantidad de unidades, paradas, terminales, sitios de pernocta, etc.
- 4) Establecer una forma eficaz de informar al público, sobre las características del servicio. Es decir, a lo largo del diseño previo deberán quedar preparados los comunicados, las viñetas o croquis de las rutas, las leyendas para los vehículos, etc. de modo de reducir los tiempos precisados para la puesta en marcha.

4.3.2. Programas contingentes

Los programas contingentes están destinados a atender algunas alteraciones menores del esquema normal. Son medidas creadas específicamente para cubrir una necesidad localizada, sin que el servicio en sí, globalmente hablando, implique cambios. Es fácil ver que entre estos programas y los planes emergentes la diferencia es puramente convencional, casi un problema de semántica, que se acepta por razones de enfoque.

Los programas contingentes llegan a confundirse a veces con los desvíos causados por obras o por actividades públicas, para los cuales hay varios planteamientos conocidos. Nuevamente se trata de problemas de grado más que de fondo. Una obra en la vía pública que cambie el derrotero normal de una ruta es de hecho una contingencia que amerita alguna previsión. Pero hay asimismo otros casos que no son vislumbrados en esos casuales desvíos de carácter local: las manifestaciones públicas o las lluvias torrenciales pueden provocar bloqueos en la vialidad no susceptibles de resolverse con la suficiente antelación. Y sin embargo, si se reconoce su probable aparición en algunos de los lugares críticos del sistema, es posible programar desde antes las medidas solución, dándolas a conocer desde antes a los usuarios.

Como vemos, los programas contingentes se justifican sobre la base del conocimiento anticipado de algunos problemas típicos y repetitivos. Son desviaciones locales del transitar normal de las unidades de transporte, que, identificadas sus causas y repetitividad, logran ser anticipadamente diseñadas.

Para reducir la aparente vaguedad del presente planteamiento, a continuación se dará la guía necesaria para su previsión y diseño.

1) En primer término, es preciso tener un conocimiento previo de los problemas: localización, frecuencia de ocurrencia, causas, amplitud, etc.

(Un caso bien conocido en la Ciudad de México es el de la festividad religiosa del 12 de diciembre. Ese día toda la actividad ordinaria resulta profundamente alterada en un entorno que cubre varios cientos de metros alrededor de La Villa de Guadalupe. Desde luego no puede interpretarse como un estado de emergencia, pero las rutas de transporte —para centrarnos en nuestro tema— suelen modificarse para evitar su tránsito por la zona congestionada, sin cancelar el servicio que, ese día también, es más solicitado que en otras fechas).

2) Acto seguido, y una vez satisfechos los requisitos para su identificación, habrá que diseñar las modificaciones que sean pertinentes. Cambios en los recorridos, reubicación o cancelación de paradas, reacondicionamiento de terminales, incremento del número de vehículos asignados, etc.

3) Finalmente, igual que en el caso de los planes emergentes, debe diseñarse adecuadamente la información que habrá que dar en su momento al público y a los propios prestadores. Es decir, la fundamentación real y legal de las medidas, su duración, los efectos que hayan de introducir los cambios, etc.

CAPITULO 5

EL MANTENIMIENTO

5.1. Introducción

Este no es un tratado sobre el mantenimiento de los vehículos del transporte; no puede serlo por los límites que se han impuesto al Capítulo. Ni siquiera se trata de un manual abreviado sobre ese tema. La intención es más modesta aunque no menos importante: resaltar la gran trascendencia que tiene para la operación el mantenimiento correcto de las unidades de transporte, y establecer una guía referencial de las tareas del propio mantenimiento, tanto como una parte de la exposición de los temas operativos como para poderlas correlacionar —las tareas— con el renglón de los costos (ver el Capítulo 7).

El capítulo está orientado al mantenimiento de los vehículos automotores: autobuses, microbuses, camionetas y automóviles. Esto tampoco debe extrañar. El mantenimiento del equipo ferroviario (Metro) es de tal complejidad que aun en el nivel de exposición seleccionado se encararía una tarea descomunal y a la postre poco útil. No obstante ello, se hace alguna breve alusión a los aspectos del mantenimiento del Metro, dados a la publicidad por el STC —Sistema de Transporte Colectivo Metro— de la Ciudad de México.

Por último, todas las referencias sobre los rendimientos y la periodicidad de las tareas se obtuvieron directamente de la práctica, consultando al personal de las empresas y organismos que, aparte de estar dispuestos a informar sobre sus procedimientos, nos inspiraron la mayor confianza. En cada caso, como ha sido la norma de este texto, se indica la fuente de la información.

5.2. Tipos y periodicidad del mantenimiento

La clasificación y la periodicidad de los diferentes tipos de mantenimiento es un problema de convención. Frases tales como “*el mantenimiento menor*”, o su complemento, “*el mantenimiento mayor*”, son muy usuales y asimismo lo son otras que vienen a significar, si no lo mismo exactamente, algo semejante. Aun así, no puede decirse que tengan una significación

única e inconfundible. Aquí hemos seleccionado, de entre todas las denominaciones más conocidas, la terminología que nos pareció la más empleada y la más ilustrativa. A ella aludiremos en los párrafos siguientes, sin dejar de advertir que en otro ámbito documental pudieran encontrarse diferencias entre las denominaciones.

5.2.1. Tipos de mantenimiento

En líneas generales puede decirse que hay dos tipos o clases de mantenimiento: el *preventivo* y el *correctivo*. Dentro del primer grupo se ubican aquellas tareas rutinarias destinadas a garantizar, dentro de lo razonable, la disponibilidad de las unidades de transporte para el cumplimiento cotidiano de su encomienda. Entre ellas están, por ejemplo, los servicios de engrasado y lubricación, la atención al sistema de frenos, y otras más que se enumeran en su oportunidad. Dentro del otro conjunto, el del mantenimiento correctivo, se encuentran las que están destinadas a enmendar las fallas que el tiempo o el uso hubieran propiciado, como son por ejemplo, los cambios de frenos, las sustituciones de partes, los arreglos de carrocerías y vestiduras, etc.

Es bueno hacer notar que la localización de algunas tareas en una u otra área resulta ser una cuestión convencional —tal es el caso, por ejemplo, del cambio de frenos o de la calibración de inyectores—. Asimismo, los aspectos de las reparaciones de toda índole llegan a plantear dificultades por el hecho de aparecer o no dentro del rubro del mantenimiento correctivo, —habrá quienes no consideren propio denominar mantenimiento a un cambio de motor—. Desde luego todo esto entraña a veces una cierta confusión que no pretendemos incrementar al encasillar las reparaciones mayores y menores en un solo rubro.

A pesar de la gran importancia que ha adquirido recientemente el concepto de *mantenimiento predictivo*,¹ creemos que no llevaría muy lejos el multiplicar por ahora las clases o tipos de mantenimiento, y al estipular aquí sólo tres tipos, reduciremos a su mínima expresión la separación de las tareas, ya que hay una base que lo justifica: la periodicidad o la eventualidad; algo más que eso nos hubiera parecido una redundancia. Sin embargo, no se piensa que sea malo manejar otras clasificaciones, cualesquiera que sean, con tal que permitan racionalizar los análisis.

¹ Se debe al Ing. Pedro Aráu Granda la sugerencia de incluir en el libro este concepto (*W del A*).

5.2.2. Periodicidad del mantenimiento

Por lo general el aspecto de la periodicidad se estipula aquí de una forma pragmática. Independientemente de lo que recomienden los fabricantes del equipo, las tareas del mantenimiento se han asociado para su aplicación en tres niveles de periodicidad: un primer nivel A, que abarca las acciones que se requieren con más frecuencia, un segundo nivel B, en el cual a las tareas incluidas en A se le agregan otras más, con frecuencia de aplicación intermedia, y un tercer nivel C que comprenderá las acciones de A y B, más otras de una periodicidad menor. Como sería muy raro que las normas de revisión o recambio de los fabricantes coincidieran con esos tres períodos perfectamente modulables, es preciso hacer ajustes, por lo común adoptando posiciones conservadoras, de manera de englobar en dichos tres ciclos todas las acciones implicadas en el mantenimiento.

Cabe sin embargo hacer ciertas aclaraciones. Generalmente los fabricantes adoptan ya de por sí posturas conservadoras en lo referente a los tiempos de revisión o reposición de partes, y además planteadas para condiciones medias de trabajo. Es pues necesario que cada flota haga sus propios ajustes, unas veces en más y otras en menos, para adecuar sus ciclos de revisión y conservación a las características de los servicios que se proporcionen.

La periodicidad puede especificarse de diferentes maneras de acuerdo con el caso y el tipo de vehículo. No obstante, los vehículos de transporte siempre se apartan de los ritmos ordinarios de trabajo, por lo que a menudo hay que duplicar el control de periodicidad y aun incluir controles adicionales. Por ejemplo: lo común es indicar cambios de aceite y filtros cada X kilómetros; sin embargo, si las condiciones climáticas lo justifican, llega a ser recomendable hacer el cambio según cada n días o según tantos litros de combustible consumidos, compensándose así el efecto climático. En su momento se darán más detalles sobre esto.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Figura 5.1. Diagrama de flujo de la verificación cotidiana
162

5.3. Mantenimiento preventivo

Como su nombre lo dice, comprende tareas destinadas a evitar las fallas del equipo. Su característica es la anticipación y la regularidad. Conformes con ello se incluyen aquí los temas siguientes:

Verificaciones cotidianas:

- carga de combustible,
- agua del radiador,
- niveles de aceite: del motor y de la transmisión,
- nivel del electrolito del acumulador,
- nivel del líquido de frenos,
- presión de los neumáticos,
- instrumentos, luces, limpiadores y refrigerantes y,
- limpieza general.

Verificaciones periódicas:

- ajuste del sistema de frenos,
- afinación (en los motores de gasolina),
- limpieza y calibración de inyectores (en su caso),
- cambio de aceite,
- cambio de filtros: de aire, de aceite y de combustible,
- engrasado del bastidor (chasis),
- suspensión: revisión de muelles y amortiguadores,
- llantas: rotación, alineación y balanceo,
- sistema eléctrico: alternador, marcha, luces y batería,
- sistema hidráulico: dirección y transmisión,
- estado general: puertas, vidrios, timbres y vestiduras.

Se han incorporado conceptos que desafían la clasificación del mantenimiento: la carga de combustible, la revisión de los niveles del aceite y del líquido de frenos y la presión de las llantas. Se han englobado dentro del rubro llamado: "verificación cotidiana" ("daily checklist") lo que es bastante usual. La Figura 5.1 muestra el diagrama de flujo de la verificación cotidiana.²

² Adoptado del Reporte:

5.3.1. Verificaciones cotidianas

La lista de actividades de verificación cotidiana —o acciones de periodicidad A— tienen por objeto garantizar la prestación del servicio con un mínimo de seguridad y decoro. Mediante su estricto cumplimiento, cuando menos no se observarán fallas inopinadas que podrían catalogarse de triviales, y el aspecto de los vehículos será también al menos limpio y presentable.

Su periodicidad diaria no requiere de mayor explicación, pero sí es bueno asentar que su control es altamente recomendable. Aunque no parece necesario constatar que los vehículos fueron abastecidos de combustible y aceite, sí resulta ventajoso dar constancia de los consumos, sea como una información general estadística, con la cual se calculan los costos respectivos, o como indicadores del estado mecánico de las unidades. Como veremos después, los índices de consumo y las estadísticas de las fallas en ruta permiten mejorar los programas normales de mantenimiento.

5.3.2. Verificaciones periódicas

Constituyen el alma del mantenimiento preventivo propiamente dicho. Son acciones de periodicidad B y cubren lo siguiente:

Ajuste de frenos: El ajuste del sistema de frenos comprende, en esta fase del mantenimiento la limpieza, la "purga", (extracción de las burbujas de aire que puedan existir en los conductos) y la restauración del nivel del fluido, amén de la obligada calibración para obtener un frenaje parejo. La periodicidad recomendada por los fabricantes de automotores es del orden de los 5,000 km para los vehículos ligeros y 6,000 para los pesados (en vista de la mayor solidez de los componentes de los frenos de aire), pero el uso intensivo de los frenos, los continuados arranques y frenazos a que obliga el transitar urbano, llega a modificar dicha especificación. Lo recomendable sería no pasar de los 6,000 km y aprovechar cualquier coyuntura para reducir el plazo de la revisión rutinaria. La razón de ser de esta revisión obedece a la conveniencia de mantener un frenaje lo más uniforme posible. Una gradual pérdida del balance de los frenos es un hecho por demás conocido, que acarrea problemas de índole mayor en las llantas y hasta en la propia conducción.

Afinación: Es privativa de los motores de gasolina, si bien varios de los motores modernos vienen provistos de inyectores en vez del habitual carburador. Además de asegurar una operación confiable, la afinación periódica de los motores permite economizar combustible y reducir emisiones contaminantes, (principalmente monóxido de carbono). Por su periodicidad la tarea se ubica en el ciclo B, y está recomendada a cada 10,000 km por término medio.

Cambio de aceite y filtros: El aceite del motor inicia su deterioro en el mismo momento en que es suministrado al vehículo. Aunque está en la consciencia de todo operador la necesidad de respetar la ciclicidad de los cambios, cuando no existe un programa formal, su puntualidad llega a ser poco respetada (no es rara la intención de "estirar un poco más el plazo", para que la unidad continúe trabajando). A pesar de que ello obedezca a una rutina de servicios de mantenimiento perfectamente planeada, nunca es aconsejable alargar mucho el plazo. El efecto nocivo de esa práctica no siempre es inmediato. A poco de rebasar el ciclo de recambio, el aceite está tan sucio que los filtros se tapan y los materiales sólidos en suspensión actúan como abrasivos que van acelerando el desgaste de partes vitales de la máquina que debieran proteger.

El cambio de aceite cada 3,000 km, o bien, cada 500 horas debe respetarse escrupulosamente. Asimismo, resulta casi innecesario insistir en que el cambio de filtros simultáneo es por demás indispensable. El periódico incremento de los precios del combustible y los lubricantes ha llevado a los propietarios de flotas de transporte a preguntarse si no sería posible espaciar la periodicidad de los cambios aún más; inclusive hay quien opina que el cambio de aceite podría alargarse hasta los 20,000 km. Esto pudiera ser tolerable siempre y cuando se haga una cuidadosa selección de los tipos de aceite y filtros que conviene usar, y que además, entre cambio y cambio se realicen análisis químicos que permitan detectar de forma anticipada la presencia de excesos de sedimento o agua en el aceite. Lo anterior no debe tomarse como una norma que pudiera seguirse incondicionalmente pero, en todo caso, vale la pena mencionarlo con la debida reserva.

Engrase: Muchos problemas mayores pudieran evitarse con una buena lubricación. Además de los ya mencionados relativos al motor, todas las partes sujetas a fricción se desgastan y rompen de modo prematuro al paso del tiempo cuando no son protegidas mediante un engrase adecuado y oportuno. Se comenta que un buen engrasador es uno de los prin-

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

principales activos de un taller. Tal persona, cuando está debidamente entrenada, es capaz de detectar fallas a un nivel todavía incipiente, pudiéndose prever así acontecimientos más serios (*ver* la Figura 5.2 que sigue).

Figura 5.2. Diagrama Guía de Lubricación³

³ Tomado del Reporte LN1 914 de Mercedes-Benz México, S.A. de C.V. p 63.

Los ciclos del engrasado están fuertemente influenciados por condiciones climáticas y ambientales. Desde luego no es lo mismo que los vehículos transiten en terreno sinuoso que en recto, que lo hagan sobre pavimento que en terracería o, en fin, que operen en clima templado o extremoso. En todo caso, puede afirmarse que, salvo que condiciones específicas recomienden otra cosa, el ciclo de engrase se ubica alrededor de las 1,000 horas (ciclo B), sobre todo al asociarse con frecuencia con la limpieza profunda.

Llantas: Después del combustible, las llantas son lo más costoso de los insumos de la operación (*ver* el apartado 7.3.1). De ahí la necesidad de extremar su cuidado con el ánimo de prolongarles la vida. Los principales enemigos de las llantas son:

- i) la temperatura,
- ii) el mal camino y
- iii) las sobrecargas.

El calor se genera por la fricción del piso del neumático contra la superficie del suelo, y debido a la flexión del hule durante el rodamiento. El calor excesivo incrementa el desgaste y el riesgo de voladuras o de fuego. Los caminos en malas condiciones constituyen un verdadero veneno para las llantas, sobre todo cuando éstas no son las adecuadas. Por su lado las sobrecargas acortan la vida de las llantas de un modo que no llega siquiera a sospecharse.

El primer paso para disminuir el desgaste y el sobrecalentamiento de las llantas es una buena selección del tipo; aparte de eso, darles un buen mantenimiento. Una adecuada alineación y un inflado correcto son decisivos para la conservación de los neumáticos. Cuando por añadidura hayan sido bien seleccionados, la duración puede ser muy considerable.

Como ya se expresó, la sobrecarga es otra causa que acorta la vida de las llantas. Por ejemplo, un 20% de sobrecarga puede reducir la vida útil en un 30%, y una sobrecarga de 40% puede reducir a la mitad su duración.

Aparte de las diferencias que pudieran aparecer como consecuencia de las condiciones particulares del entorno, sería de esperarse que un juego de llantas nuevas durara alrededor de 12 meses o bien, 60,000 km. Después de ese lapso, los neumáticos de los ejes traseros pueden renovarse para así prolongar su uso por otros 8 meses ó 40,000 km, prácticamente

a mitad del costo. No es aconsejable emplear llantas renovadas en la parte delantera; cuando éstas han alcanzado su límite de duración deben sustituirse por otras nuevas.

Sistema eléctrico: La verificación usual del sistema eléctrico se concentra en tres elementos: la batería o acumulador, el alternador y las luces; en ese orden de importancia justamente. Otros aditamentos menos trascendentes pero dignos también de atención son: los limpiadores, el timbre y el desempañador de cristales.

La batería constituye el centro neurálgico del suministro de fluido eléctrico. Paradójicamente, la batería es al mismo tiempo importante y poco costosa de adquirir y de conservar en buen estado. El cuidado que requiere se limita a limpiar periódicamente los bornes para impedir la sulfatación, y a mantener un nivel correcto en el electrolito de las celdas. Esto, así como su reemplazo a los 40,000 km o a los dos años, añade sólo unos pesos más al costo de operación por kilómetro.

El alternador, cuando es el adecuado, tiene una vida útil muy considerable. No obstante, es bueno verificar desde el principio si es justamente el apropiado. Su capacidad de generación eléctrica debe superar en 15% cuando menos, las necesidades totales.

Finalmente, el sistema de luces, aunque muy frágil, sus fallas (los focos fundidos) son rápidamente detectables, por lo que sólo es menester realizar los recambios en cuanto se hagan necesarios.

Sistema hidráulico: Comprende en primer término el sistema de dirección y la transmisión, y en otro orden de importancia, los mecanismos de apertura de puertas. Para el fin que compete a esta descripción, el cuidado que debe darse al primer caso se refiere a la atención de los niveles de los fluidos, y al segundo a la propia operación de los mecanismos. En ninguno de ellos se puede hablar de un tiempo de caducidad o de reemplazo, ni global ni en parte.

5.3.3. Verificación cada 500 horas

Quinientas horas equivalen muy aproximadamente a un mes de 28 días de trabajo a razón de unas 17.5 horas diarias, o sean, 16 horas de servicio más una y media hora adicional por concepto de traslados en vacío. Tratándose de transportes urbanos, en ese plazo se habrán recorrido un

poco más de 5,000 km. Por ello es una cifra bastante práctica para programar determinadas verificaciones.

Por esa razón, algunas prácticas del mantenimiento refieren a ciclos de 500 horas varias de las revisiones periódicas. Como también se trata de un arreglo convencional, la selección de cuáles trabajos de mantenimiento programar cada 500 horas, queda al criterio de los encargados de ello.

5.4. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo trata de las descomposturas en lo general, aunque al incluir más adelante un apartado especial dedicado a las reparaciones mayores, en éste quedará sólo comprendido el grupo de aquellas fallas que pueden considerarse de escasa importancia relativa.

El mantenimiento correctivo se practica sobre problemas del tipo mecánico ya declarados; algo falló que impedirá que el vehículo salga a trabajar de forma normal. Siempre dentro de un planteamiento básicamente enunciativo, ese "algo" tiene varias peculiaridades, a saber:

- La anomalía no pudo preverse a tiempo (cualesquiera que hayan sido las razones de ello);
- la anomalía tiene una importancia no soslayable ni de solución rápida;
- implica por necesidad un doble costo: el de la reparación misma y el de la omisión de ingresos por la imposibilidad de trabajar;
- consecuentes con lo anterior, es posible que haya uno o más responsables.

Por otro lado, no puede decirse más que de una forma bastante general qué fallas pudieran suscitarse, ya que eso depende de la clase de servicio, del equipo, de las condiciones locales, y hasta del clima. Se considera una buena práctica clasificar las reparaciones según su importancia. Y ya que, como se dijo, las reparaciones mayores se describen aparte, eso nos lleva a referirlas como menores o como parciales, de acuerdo con el tiempo y el costo necesarios para efectuarlas. A continuación se alude a las reparaciones más reconocidas.

Reparaciones menores.

Fugas de lubricantes,
fugas de aire o de combustible,
luces: focos o unidades fundidos,
reposición de tornillos,
arreglos por ponchadura de llantas,
soldaduras pequeñas.

Reparaciones parciales.

Cambio de válvulas, cabezàs, varillas o balancines,
cambio de la bomba del aceite,
cambio de la bomba del agua,
cambio del embrague,
cambio de la caja de distribución,
cambios parciales en la caja de velocidades,
cambios parciales en el diferencial,
reparación de inyectores (en su caso),
reparación del compresor o de las líneas de aire,
cambio o reparación del motor de arranque,
cambio o reparación del generador o alternador.

Un aspecto interesante de tomar en cuenta de modo especial en este tipo de acontecimientos, estriba en que su ocurrencia puede ser motivo de análisis para reducir su frecuencia. Este tema se trata mejor en el apartado 5.6.3.

5.5. Reparaciones mayores

Se diferencian del caso precedente en que son un producto del desgaste normal de las unidades. Hágase lo que se haga, más tarde o más temprano habrá que efectuar un ajuste de motor. O menos dramáticamente, de cuando en cuando será necesario dar atención a la suspensión de los vehículos y a otros sistemas similares.

Este es el tipo de eventos que constituyen el grueso de las reparaciones mayores. Una relación muy sencilla incluirá por ejemplo los siguientes casos:

170

Ajuste o cambio de motor;
reparación del tren de potencia (transmisión, flechas, diferencial);
ajustes o cambios en la suspensión;
carrocería, incluyendo por simplicidad, vidrios y pintura;
vestiduras y arreglos interiores;
otros.

Su mención tiene por objeto, más que enumerarlas únicamente, hacerlas patentes a la hora de cuantificar los costos, tanto en lo que corresponde a las acciones en sí como en lo tocante a la obligada reducción de los tiempos efectivos de trabajo.

5.6. Organización de talleres

Hay varias maneras de garantizar un buen mantenimiento. Dos de las más importantes son, respectivamente, un buen taller y un uso apropiado de las herramientas y equipos mecánicos. La atención mecánica puede darse de múltiples formas —las fallas mecánicas pueden resolverse en talleres ajenos y hasta en la misma vía pública— pero nada dará mejores resultados que una instalación planeada y operada de acuerdo con el tamaño de la flota.

Un taller apropiado debe contar cuando menos con nueve departamentos o sus equivalentes, a saber:

- 1) Lubricación. Consagrado a realizar los cambios de aceite y el engrasado del bastidor (chasis);
- 2) Mantenimiento preventivo. El cual cubrirá el área dedicada a la inspección, ajuste y reparaciones menores generales;
- 3) Reparaciones mayores. Donde podrán efectuarse desde cambio de motores hasta reemplazo de partes importantes;
- 4) Almacén de partes y refacciones;
- 5) Carrocerías. Dedicado a eliminar los golpes y abolladuras;
- 6) Llantas. Almacenamiento y reparación;

- 7) Pintura;
- 8) Lavado y limpieza general y,
- 9) Oficinas generales y vigilancia.

Todos ellos organizados de la forma que mejor se adapte a la dimensión de la flota. En el apartado que sigue se describen algunos planos típicos de talleres (shop layout).

5.6.1. El plano del taller

Hay varias formas básicas de organizar los talleres. Tres de ellas son de las más socorridas y eficientes. La organización en «T», el arreglo «L» y, por último, el acomodo en «H». Pasemos entonces a describirlos brevemente.

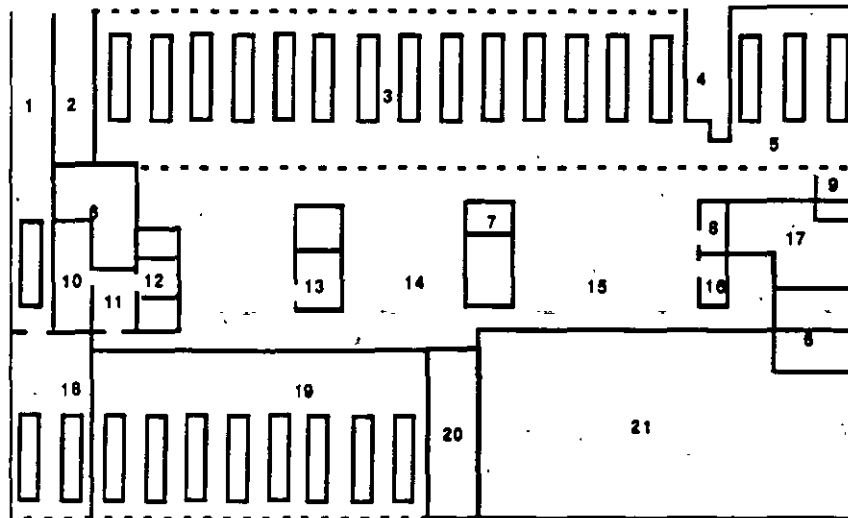
El plano en «T».

El taller configurado en «T» cuenta con un corredor central, con el área de mantenimiento diario preventivo ubicada a ambos lados. Los vehículos son atendidos de una forma progresiva a lo largo del pasillo de acuerdo con sus necesidades. Las tareas más sucias están al inicio, y el lavado y aseo general al último, justo antes de la inspección final. En las alas de la «T» se hallan de un lado el área de mecánica mayor y del otro los departamentos de carrocerías y pintura. En el vértice se localizan, juntos, las oficinas y el almacén de partes.

El plano en «L».

Esta organización es más recomendable para instalaciones de tamaño reducido. Del mismo modo anterior, se separa el área preventiva de las reparaciones mayores y la primera se maneja también progresivamente. El almacén suele estar en el vértice y las oficinas indistintamente en el mismo lugar o en la zona de salida.

(Los terrenos de los talleres son normalmente rectangulares, de ahí que los espacios que dejan libres las configuraciones en «T» o en «L» se usan para depósito o garaje)



- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1.- CABINA DE PINTADO | 11.- TAPICERÍA |
| 2.- DINAMÓMETRO | 12.- HERRAMIENTAS |
| 3.- REPARACIONES MAYORES | 13.- SOLDADURA |
| 4.- DESENGRASADO | 14.- TRABAJOS PESADOS |
| 5.- TALLER DE FRENO | 15.- TRABAJOS LIGEROS |
| 6.- ALMACÉN | 16.- CAJAS DE TARIFAS |
| 7.- OFICINAS | 17.- TALLER DE IMPRESOS |
| 8.- INYECCIÓN | 18.- TALLER DE PINTURA |
| 9.- RADIACIONES | 19.- REPARACIÓN DE CARROCERÍAS |
| 10.- LETREROS | 20.- TALLER |
| | 21.-ALMACÉN |

Figura 5.3. Plano de distribución de un taller de mantenimiento⁴

⁴ Adaptado del reporte:

El plano en "H".

Los talleres de mayores dimensiones y de gran complejidad son más eficientes con un arreglo en "H", en cuya parte central quedan alojadas las oficinas y el almacén. Las cuatro patas o pasillos de la "H" permiten separar zonas limpias de zonas sucias adecuadamente; áreas con necesidades especiales de equipamiento (aire comprimido, vapor, rampas, etc), de otras que no las precisen, conservando al mismo tiempo la facilidad de la atención progresiva.

Otras configuraciones.

Pueden hallarse otras configuraciones, como la configuración en "U" o en "+", aunque en cierto modo suelen presentar algún tipo de complicación en su funcionamiento. No es raro que la configuración en "U" origine problemas de manejo interior de los vehículos, y el arreglo en "+" tenga a su vez exceso de recorridos muertos y escaso control. De cualquier modo, el diseño del arreglo de un taller depende de la forma del terreno y de la localización de los accesos. La Figura 5.3 muestra un arreglo típico de un taller y en la Tabla 5.1 se indican los posibles requerimientos de mano de obra directa para el mantenimiento.

Tabla 5.1. Cantidad de mano de obra directa para mantenimiento⁵

<i>ESPECIALIDAD</i>	<i>FACTOR/veh</i>	<i>CANTIDAD/100 veh</i>
Mantenimiento preventivo.		
Maestro mecánico	0.01	1
Ayudante de Mecánico	0.01	1
Mantenimiento correctivo.		
Maestro mecánico	0.04	4
Ayudante de Mecánico	0.04	4
Engrasador	0.01	1
Ayudante de Engrasador	0.01	1
Electromecánico	0.03	3
Trasmisionista	0.01	1
Ayudante de Trasmisionista	0.01	1
Carrocero	0.01	1
Hojalatero	0.02	2
Vidriero	0.01	1
Pintor	0.01	1
Llantero	0.02	2
Ayudante de Llantero	0.02	2
Radiadorista	0.01	1

⁵ Adaptada del Reporte:

Los talleres modernos suelen estar perfectamente equipados de manera de incrementar su eficiencia. En épocas recientes han ganado en popularidad ciertos tipos de equipos que antaño era raro encontrar. Hoy son habituales los compresores de aire y frecuentes los equipos de lubricación a presión, aunque aún no se generalizan ni el lavado mecánico ni las rampas para la alineación, ni mucho menos los dinamómetros ni los bancos de prueba de frenos. En muchos lugares, y a despecho de su costo, los bancos de prueba de frenos son considerados básicos. Ello se debe al hecho de que la medición en banco permite asegurar un mejor frenaje y un menor desgaste de llantas, lo cual dará a la larga una mayor economía.

5.6.2. El almacén de refacciones

¿Qué tamaño debe tener el almacén de partes y refacciones? El menor posible, tanto en dimensiones como en su contenido. Las piezas almacenadas, mientras no se emplean cuestan, y cuestan el doble: por su valor y por el área de almacenamiento acupada. Por más que resulte ventajoso contar al instante con la parte o refacción que el taller solicite, esa posibilidad no deberá exagerarse, ya que un almacén excedido es muy costoso.

Afortunadamente, como en otras muchas áreas la técnica posee herramientas de análisis que permiten calcular con buena aproximación cuántas piezas de cada tipo deberá haber en un almacén, tomando en cuenta el historial mecánico de la flota. Eso, por una parte, es una garantía de que la inversión será la más apropiada para el caso, pero en otro tenor de cosas, obliga a llevar un registro estadístico de la demanda normal de partes así como un control preciso de entradas y salidas.

5.6.3. La estadística de las fallas

Las fallas en la ruta son un gran problema. Al inconveniente usual de una falla se suma el agravante de la atención a los pasajeros y la conducción de la unidad al taller cuando no es posible atenderla en el lugar. Aunque en los ordenamientos de tránsito se suele ser flexible a ese respecto, la reparación en la ruta debe limitarse a permitir el traslado del vehículo al taller, en obvio de una correcta atención. Los talleres móviles tienen mayor utilidad en las vías rurales o en tramos carreteros; salvo en casos poco complicados, en las calles de la ciudad incrementan la obstrucción causada por el vehículo fallado, por lo que deben manejarse de una manera prudente.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En cuanto a las fallas mismas, su ocurrencia suele deberse a problemas de desatención en el mantenimiento, por lo cual su registro y análisis pueden orientarse a mejorar aquel. Si las fallas en la ruta acusan algún patrón de conducta, y por lo común así es, los programas de mantenimiento pueden llegar a requerir de ajustes o perfeccionamiento.

Problema 5.1.

Supóngase la estadística de fallas en ruta de un mes con las siguientes cifras:

<i>TIPO DE FALLA</i>	<i>NUMERO DE CASOS</i>	<i>PORCENTAJE</i>
Ignición	6	20
Llantas	4	13
Frenos	12	40
Diversas	8	27
TOTALES	30	100

Se pide establecer un diagnóstico inicial basado en la estadística.

Solución:

Está claro que el número de casos de fallas de frenos resulta desproporcionado con respecto a los demás, de ahí que parezca conveniente revisar qué ocurre. Si los registros muestran que los vehículos fallados tuvieron un mantenimiento oportuno, lo indicado será mejorar la calidad de las partes o de la mano de obra; de otro modo, si no pudiera comprobarse una adecuada atención al mantenimiento preventivo, habría que estrechar la vigilancia y los controles. Lo mismo puede argumentarse con cualquier otro caso de fallas excesivas o desacostumbradas.

5.7. Vida útil y reemplazo de los vehículos

Todo vehículo, hasta el mejor atendido, alcanza a la postre la edad o el estado físico en que su reemplazo es necesario. Claro está que mientras mejor haya sido cuidado, ese momento se ubica más lejos en el tiempo, pero, sin embargo, al final puede ser el costo mismo de mantenerlo en buenas condiciones de trabajo lo que obligue a la sustitución.

Sin entrar mucho en detalles puede decirse que cuando cuesta más reparar el vehículo que comprar uno nuevo (incluido en el costo la omisión en los ingresos que significa el tiempo de las reparaciones) es hora de ver por reemplazarlo. Claro que esto no es más que un enunciado bastante optimista. Muchas veces resulta prácticamente imposible sustituir la unidad y no queda otro remedio que continuar bregando para conservarla en operación.

En el Capítulo 6, al tratar sobre la obsolescencia (apartado 6.6.4) y sobre el *Período de Recuperación del Capital* —PRC— (apartado 6.7.2) se explicarán la repercusión que tiene en los costos la vida limitada de los equipos y alguna de las causas de ello. Aquí expresaremos brevemente cuál es el criterio económico de la reposición.

Nos dice John R. Canada en su libro⁶ que las causas para dar de baja un equipo desde el punto de vista económico son tres, a saber:

- 1) Características funcionales inaceptables. O sea, dicho de otro manera, que el equipo, en este caso el vehículo, ya no esté en condiciones adecuadas de prestar servicio.
- 2) Término de su capacidad de producción. Más drástico que lo anterior: que el vehículo ya no sirva.
- 3) Existencia de bienes perfeccionados con menores costos de producción. En nuestro medio esta condición no es usual en el transporte, aunque podría serlo en algún momento o lugar. Significaría que apareciera algún nuevo tipo de vehículo cuya operación resultara más ventajosa.⁷

Para nuestro análisis interesan las dos primeras condiciones. En el primer caso se presenta la disyuntiva sobre la conservación o sustitución del vehículo y eso dependerá de lo que hubiera de considerarse como "inaceptable". Dada la incertidumbre del término, no queda más que acudir a algún tipo de análisis económico —digamos, de la índole del MAPI⁸ u otro similar.

⁶ John R. Canada. *Técnicas de Análisis Económico para Administradores e Ingenieros*. Diana. 1977. p 122.

⁷ De cierta manera este fenómeno se ha dado en varios países. En el transporte colectivo de superficie de México, en un momento dado las combis fueron sustituidas por microbuses, y más recientemente, (1996) éstos están siendo cambiados por unidades más modernas —"midibuses" o autobuses— por las mismas razones expresadas arriba (*N del A*).

⁸ La expresión MAPI corresponde a las siglas de "Machinery and Allied Products Institute", o sea, Instituto de Productos de Maquinaria y Conexos (*N del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Cuando dicha necesidad de sustitución no resultara evidente al comparar un equipo antiguo contra uno nuevo, el problema radicará en verificar el costo de conservar el equipo actual un año más, contra el costo anual equivalente del equipo nuevo (*ver el Problema 6.8 p 204*).

CAPITULO 6

LA ECONOMIA DE LOS TRANSPORTES

6.1. Generalidades

Para asegurar la atención de las necesidades de transporte es preciso cumplir con la condición de satisfacer, con el mayor grado de efectividad posible, tres exigencias fundamentales: seguridad, eficiencia y rendimiento económico. Estos tres requisitos se cumplen de distinto modo en las diversas formas de comunicación, de acuerdo con sus características técnicas y sus propiedades económicas de explotación.

La demanda o necesidad de transporte plantea numerosos problemas de tipo técnico y organizativo, de conformidad con su dimensión y características. Todos esos problemas tienen que poderse resolver sobre la base de las propiedades económicas de la explotación y de las condiciones de circulación de los medios. A esto se le suele designar con la expresión: "*bases económicas de la explotación y la circulación*" de los modos de transporte, y dos de sus efectos más visibles son, el *rendimiento económico* y el *nivel de servicio* de cada transporte.

Algunos medios de transportación pueden resolver determinados problemas de comunicación de un modo especialmente ventajoso, de acuerdo con su propio valor desde el punto de vista de la explotación y del tránsito. En otros casos los mismos medios no podrían ser empleados con igual efectividad. Por ejemplo, para la distribución de bienes a granel en el interior de las ciudades resulta muy efectiva la transportación en pequeñas unidades motorizadas —preferentemente eléctricas—; estos mismos vehículos serían poco eficientes para el traslado de grandes volúmenes sobre distancias largas.

El valor con respecto a la explotación expresa con qué seguridad, economía y rendimiento puede ofrecerse un servicio apoyándose en un transporte dado. Por su parte, el valor con respecto al tránsito sería el polo opuesto, y quedaría determinado por la apreciación que los usuarios —o sean, aquellos que de una forma u otra configuran la demanda del medio—, adquieren con relación al servicio que se les ofrece. El valor con

respecto al tránsito se vé afectado fuertemente por innumerables causas que en muchas ocasiones pertenecen al grupo de los sentimientos o de las apreciaciones subjetivas.

Ambos valores juntos —el rendimiento y el nivel de servicio—, definen la importancia de cada medio de transporte en la economía. Dependen ambos el uno del otro, de modo parecido a la oferta y la demanda: el punto de vista del que ofrece y explota el servicio, y el punto de vista del que lo disfruta o aprovecha, respectivamente. Entre los dos dan carácter y forma a esa singular rama de la producción. En todas las comunidades, la entraña misma de la eficiencia de los transportes descansa en el perfecto equilibrio de ambos conceptos.

6.2. La seguridad en los transportes

La seguridad es la más importante de las exigencias que han de cumplir los transportes. Debe considerársele por encima de la eficiencia y del rendimiento económico, por razones que si bien no es siempre posible expresar con total claridad, su índole no escapa al más elemental razonamiento lógico.

En apoyo de lo anterior conviene también aclarar que debe diferenciarse el concepto de "seguridad" de su casi sinónimo "confiabilidad"; aunque a veces, y sobre todo tratándose de la transportación de bienes, los dos términos bien pudieran manejarse indistintamente. Para fines de nuestra argumentación, diremos que un transporte es seguro si todo él está libre de riesgos; en tanto que diremos que es confiable si es de esperarse que, dentro de ciertos parámetros establecidos, puede contarse con que realizará apropiadamente su función de transportar. Vemos pues que el concepto de confiabilidad es menos amplio que el de seguridad, comprendiendo este último al primero.

Bajo ese punto de vista, el concepto de seguridad adopta tres significados cuando menos:

- 1) Seguridad en cuanto al nivel de siniestralidad en el que se ven involucradas las unidades de transporte, y sus ocupantes o los bienes que se muevan en ellas;
- 2) Seguridad en cuanto a la vulnerabilidad ante el delito, y

3) Seguridad como sinónimo de confiabilidad, cuya implicación en la calidad de la oferta —el valor respecto al tránsito—, es patente.

6.2.1. Siniestralidad

Todos los transportes, algunos más que otros, cobran su cuota anual de accidentes en la que se incluyen pérdidas económicas y, con lamentable frecuencia, vidas humanas. No obstante que la palabra "accidental" posee connotaciones de algo inopinado o fortuito, no hay duda de que los "hechos de tránsito", como a menudo son llamados los accidentes, son usualmente el último eslabón de una cadena de circunstancias que bien pudieran ser evitadas o controladas con mayor o menor dificultad.

Por lo común se considera que un accidente es consecuencia de una falla en uno cualquiera de los componentes del tránsito:

- El elemento humano: conductor, pasajero o peatón;
- el vehículo;
- la vía.

Las cifras anuales de accidentes, clasificados según los tres elementos mencionados, en diversos lugares del mundo —nuestro país incluido—, se muestran en la Tabla 6.1 adjunta. Este es un tema al que se le da una gran importancia en todas partes. Desde mucho tiempo atrás está incorporado en todos los textos y documentos alusivos al tránsito y al transporte, e incluso la Organización Mundial de la Salud le ha concedido un lugar prominente en las campañas de beneficio público.

Habida cuenta de la atención que se da al asunto en muchos y muy bien documentados reportes y libros (de Ingeniería de Tránsito, por lo común), aquí nos ocuparemos de la parte que concierne al transporte público de personas, y en particular a los accidentes consecuentes con la operación.

Los accidentes que ocurren en los transportes de personas se pueden clasificar de la misma manera anotada antes. Por lo contrario, las causas que los originan merecen una visualización distinta que pudiera derivar en algunas medidas de prevención, en vez de sólo contribuir a engrosar la estadística convencional.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Tabla 6.1. Estadística de accidentes

Durante la operación de los transportes los accidentes suelen deberse a:

- a) Inadecuaciones viales;
- b) comportamiento impropio de los operadores;
- c) comportamiento inconveniente de los pasajeros;
- d) comportamiento inconveniente de los peatones.

A continuación procederemos a comentar sobre esas causas de accidentes, dando algunas recomendaciones para eliminarlas.

Inadecuaciones viales. Entre ellas se pueden mencionar los lugares de gran siniestralidad o con problemas agudos de congestionamiento, y los tramos poco aptos para admitir la circulación de vehículos: tramos sinuosos, sin pavimentar, demasiado estrechos, o sobre estructuras en mal estado.

Independientemente de la adopción de medidas de corrección geométrica o de la instalación de dispositivos de control del tránsito, es conveniente adoptar criterios de planeación de las rutas, que eviten los problemas de trazado más evidentes. A veces, como ya se dijo antes, una simple modificación local del trazado logra apartar al derrotero de puntos potencialmente peligrosos.

Comportamiento impropio de los operadores. Comprende esto la falta de cuidado al conducir, el exceso de velocidad, la falta de visibilidad en la maniobra de ascenso y descenso, la sobrecarga, la desatención a la apertura y cerrado de las puertas y, en general, la conducción poco responsable y la distracción.

La totalidad de estas faltas cae dentro del capítulo de la normatividad de los transportes y varias de ellas están sancionadas en los reglamentos de tránsito. Sin embargo, no existe seguridad de que en el sinnúmero de disposiciones legales vigentes, se incluyan enfoques homogéneos a ese respecto. Muchas veces las alusiones al transporte de pasajeros se dan marginalmente; otras son patentemente anticuadas, y en varios casos más, sencillamente no existen. Puede afirmarse sin género de duda que en lo tocante a la reglamentación y a la normatividad de la operación de los transportes públicos de personas, siempre quedará algo por hacer. En el Capítulo 10 se incluye un conjunto de normas operativas básicas, que podrían servir de apoyo para eventuales adecuaciones o aplicaciones reglamentarias.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Comportamiento inconveniente de los pasajeros. Se incluyen aquí la desaprensión del pasajero al sobrecupo, al abordaje y descenso en marcha, a la comisión de actos imprudentes (sacar manos o cabeza por las ventanas, viajar en el estribo o en la parte exterior) y a la invasión del carril por donde circula el transporte (caminar por el arroyo o bajarse descuidadamente de la acera).

Varios de estos conceptos podrían estar ya incorporados en la reglamentación del transporte y, bajo esa óptica, cabría ubicarlos en el apartado precedente. No obstante, conviene aceptar que la actitud de las personas no puede ser objeto de enfoques restrictivos o reglamentarios. Lo único que es viable hacer es instruir o informar a la gente que viaja del peligro que entrañan algunos hábitos —como el de bajarse con el vehículo en movimiento—, procurándose además que la recomendación esté apoyada en una disposición reglamentaria afín, como lo es prohibir la apertura de puertas con la unidad en marcha.

Comportamiento inconveniente de los peatones. Cruzar fuera de la zona peatonal, marchar sobre el arroyo, y un descuido generalizado al conducirse en la vía pública, son de los errores más frecuentes que cometen los transeúntes.

En no pocos de los hechos de tránsito en los que un peatón se ve involucrado, le ha correspondido a él buena parte de la culpa. El comportamiento del peatón es poco cuidadoso o imprudente en la mayoría de las ciudades, y en tal sentido, las soluciones, como en el caso anterior, deben buscarse en las adecuaciones de los lugares de parada y en el señalamiento profuso de los peligros inminentes; amén de las previsiones recomendadas por las normas de Educación Vial.

El usuario, aun el ocasional, es muy susceptible al riesgo de accidente. No obstante, contribuye activa y pasivamente a la comisión de actos que ponen a otros y a él mismo en peligro. Razón alguna justifica actitudes negligentes o irresponsables que atenten contra la integridad física de las personas, pero deberá ayudarse con medidas prácticas a que la gente no caiga de modo involuntario en situaciones peligrosas.

6.2.2. Vulnerabilidad ante el delito

De un tiempo a la fecha, en unas ciudades primero y en otras después, el delito común se ha hecho presente en los medios de transporte. Primero consistió en el asalto perpetrado en contra de los conductores, aprovechando aquella parte de los viajes con menos iluminación o vigilancia. El móvil era casi siempre el robo, lo cual se veía ayudado por el uso del pago en efectivo al momento de abordar. La adopción del precobro y la instalación de cajas colectoras redujo ese tipo de riesgo, al menos en aquellos transportes en que tales medidas fueron factibles.

Más tarde, no obstante, y propiciados por la cada vez mayor dificultad de proveer a la ciudad de protección adecuada, los delitos aumentaron en variedad e intensidad. En la actualidad la actividad delictiva en el transporte incluye desde el asalto masivo abordado, hasta las agresiones corporales, en muchas ocasiones de índole sexual, en contra del pasaje.

En este aspecto también unos medios son más vulnerables que otros. Aquellos que transitan libremente por la vía pública, ajenos a un confinamiento que permita mejorar la vigilancia, están más expuestos al riesgo. Los transportes confinados del tipo Metro o tranvía, en razón de contar con instalaciones fijas, se prestan menos al libre acceso y desplazamiento de ocasionales delincuentes —la mayor parte de estos delitos siguen siendo ocasionales y obedecen a circunstancias favorecedoras—. En cambio, el autobús y los "colectivos" sobre todo, debido a la proliferación de paradas, ofrecen mejores condiciones para la actividad delictiva.

La solución —en la medida en que sea posible generalizar sobre la prevención del delito en las grandes ciudades— estriba en la adopción de medidas de protección y vigilancia. Vehículos bien conservados, instalaciones apropiadas en los lugares de abordaje, cobertizos iluminados, y hasta donde fuera posible equipamiento contra el delito, son algunas de tales medidas.¹

¹ Desde 1975 la ciudad americana de Los Angeles contaba con ciertas previsiones contra el delito: los autobuses urbanos tenían un número de identificación pintado en el techo y visible desde el aire, y el operador era capaz de enviar una señal inalámbrica de socorro al puesto de control policiaco, en el momento en que se iniciaba un delito. En el mismo tenor, desde los años 70s los autobuses de París están ligados por radio a un puesto de control central. Varias de estas medidas son ya de común aceptación actualmente —1996— (N del A).

Torretas de alarma de disparo automático, ligas radiofónicas, cabinas aisladas para los operadores, puertas de salida tipo esclusa, pero sobre todo, la adopción y el respeto de normas de operación que lleven en sí medidas de seguridad, son algunos de los recursos de defensa con que pueden contar los transportes en contra del delito común.

6.2.3. Confiabilidad.

Dentro del tema de la seguridad, la confiabilidad tiene un significado particular; la expresión se interpreta como sinónimo de calidad. La confiabilidad no tiene un determinante numérico ni una estadística que permita otorgar calificación de calidad. Tiene a cambio tres componentes, complementarios entre sí:

- i) La regularidad,
- ii) la consistencia o seguridad de paso, y
- iii) el nivel de riesgo de falla.

Como puede observarse, algunos de los conceptos indicados son de la competencia o pueden estudiarse desde diferentes puntos de vista. Por citar a dos de ellos: la regularidad, por ejemplo, puede asimilarse a los aspectos puramente funcionales, ya que es un calificador de la frecuencia operativa; y el nivel de riesgo de falla, puede considerarse como un parámetro de medida de la calidad del mantenimiento. Es natural que se vea así, y en tanto no se deban observar los fenómenos con óptica demasiado específica, se considera lícito y conveniente adoptar este enfoque de criterios múltiples. Ahora bien, para tratar de dejar lo menos posible a la subjetividad de los analistas, en el texto se intentará siempre establecer el mayor número de conceptos mensurables. Veamos este enfoque propositivo:

La regularidad puede establecerse cuantitativamente como la probabilidad de que el intervalo de paso de los vehículos esté ubicado dentro de ciertos límites. Aunque nuevamente haya que hacer alusión a cierta normatividad extraoficial, el concepto puede ser manejado e interpretado a pesar de su escasa objetividad.

La consistencia tiene también un ángulo probabilístico. Puede ser medida como la probabilidad de que cada vehículo respete de forma total la ruta que se tiene concesionada. La consistencia de un servicio de transporte

debería ser absoluta, excepción hecha de algunas consideraciones particulares tendientes a la optimización de los recursos. Por ejemplo, si en alguna parte del trayecto llega a presentarse un nivel medio de ocupación por debajo de cierto valor, es legítimo "recortar" algunas de las corridas para hacer llegar unidades a los tramos con más carga. Se da por entendido que estas acciones deben ser bien planeadas y darse a conocer con claridad al público, evitando así molestias o malos entendidos.

El riesgo de falla de un transporte es una característica del propio medio y puede ser de dos tipos: riesgo de *falla total*, como por ejemplo en el caso de una falla eléctrica del Metro; o riesgo de *falla parcial*, como cuando un automotor —un autobús— presenta una avería durante el trayecto. Como puede verse, el riesgo de falla podría llegar a afectar el proceso mismo de selección de los medios de transporte si las necesidades operativas así lo demandaran. Un servicio dado deberá estar a cubierto de fallas de tipo general y sólo admitir un porcentaje limitado de fallas parciales.

Para clarificar estos conceptos, veamos el siguiente ejemplo.

Problema 6.1.

Establecer una calificación de la calidad de un servicio que opera según las estadísticas que se indican.

Regularidad: En un día típico, el 97% de los arribos a las estaciones, ocurre dentro del intervalo programado.

Consistencia: El total de los trayectos fue operado de un extremo al otro.

Riesgo de falla: De los casi 2,500 servicios programados para un día típico (en vueltas/día), se cumplió con el 93% de ellos.²

Se pide:

- a) Definir un esquema de valoración de la calidad de servicio, sencillo y funcional;
- b) Apoyado en él, calcular la calificación que le corresponda al mencionado servicio.

² Fuente: Sistema de Transporte Colectivo Metro. México. Datos correspondientes a 1989.

Solución:

- a) Siendo congruentes con los comentarios anteriores, la mejor forma de medir los conceptos citados es, porcentualmente. Así, si se maneja comparativamente la ocurrencia real del fenómeno con relación al óptimo, la fracción resultante, calculada como un porcentaje, podrá fungir como calificación en cada caso. Por último, la calificación final habrá de quedar integrada mediante el producto de las calificaciones parciales.
- b) En el caso de la regularidad, la calificación sería de 97, en una escala del 0 al 100, debido a que, como se expresó, el 97% de las veces los convoyes llegaron puntualmente a las estaciones de paso; es decir, 97 de cada 100 ocasiones arribaron dentro de un lapso de tolerancia convenido.

La consistencia no ofrece duda alguna, ya que el trayecto se respetó en todos los casos. Tratándose del Metro, este concepto casi no reviste mérito ya que ningún convoy puede evitar correr de un extremo al otro.

El riesgo de fallas o, en su caso, el cumplimiento de las expectativas del programa de operación, también es posible tratarlo como una medida porcentual. En este caso como una relación entre los servicios o vueltas programados y los servicios efectuados realmente: 93% según los datos. Así la calificación final del servicio sería entonces:

$$\text{Calificación} = 0.97 \times 1.00 \times 0.93 = 0.90$$

Es decir, el Metro acredita una calificación de 90, medida de 0 a 100.

6.3. La economía de los medios de transporte

La economía de un medio de transporte expresa el éxito con el que se cumplen sus funciones. Su fin primordial consistirá en satisfacer la demanda que exista, y hacerlo en las mejores condiciones posibles. Debe, por lo tanto, juzgarse no solamente por los gastos que tuviera la empresa de transporte para realizar su cometido, sino también por la apreciación que puedan tener los usuarios, del trabajo que realiza el transporte, y que quedará de manifiesto en el conjunto de los ingresos. Los gastos, la calidad del transporte realizado y el ingreso, deben poder mantenerse en la mejor relación posible, de modo que tanto la empresa de transportes como la economía de la comunidad sean favorecidas con el resultado.

Con respecto a los costos, la buena economía se aprecia en un primer término por el principio fundamental de conseguir un buen rendimiento con un gasto de fuerza, combustible y tiempo mínimos. Por interés propio y por la exigencia de su público, el esfuerzo de las empresas de transporte deberá concentrarse en mantener sus costos tan bajos como les sea posible.

En lo relativo a los ingresos, la economía la determina el atractivo o la bondad del transporte realizado. Cuanto más rápido, más confortable y con menor precio pueda ofrecerse un transporte, tanto más se fomentará su necesidad de movimiento —su demanda— y tanto mayor será el volumen que desplace, que es lo que le produce ingresos.

La justificación de la existencia de la empresa de transporte y su posibilidad de subsistir se consiguen únicamente cuando obtiene por sus propios medios el equilibrio entre los costos y los ingresos. En ese caso se alcanza una economía favorable propia, en contraste con la economía con ayudas ajenas, en la cual el equilibrio entre los gastos y los ingresos sólo es posible con subvenciones o auxilios exteriores, casi siempre del Estado.

Se suele acudir a esa economía basada en ayudas extrañas cuando los medios de transporte, por razones de tipo político o social, tienen que llenar misiones que están fuera de lo usual; o que no están relacionadas directamente con los simples movimientos de personas o bienes, tomando el erario público a su cargo la ayuda financiera necesaria.

La manera de conseguir un equilibrio sano entre los gastos y los ingresos se determina por el estado de los costos propios y por las consideraciones que deban de tenerse en cuenta al establecer las tarifas y los precios de venta o de envío. Esa separación entre costos y tarifas, que es lo corriente especialmente entre las empresas industriales, no es siempre aplicable a los medios de transporte. En las empresas industriales no tiene influencia en los costos de producción el que los productos fabricados se despachen cerca o lejos, siempre que permanezca invariable la cantidad y la calidad de la producción. Al variar la distancia entre las zonas de producción y las de despacho, sólo variarán los costos relacionados con ese despacho.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En los sistemas de transporte coinciden en la oferta de los servicios la producción y el despacho; así es que no pueden separarse aquellos costos que se generan simultáneamente para ambos. Esto hace que la estructuración de los costos de una empresa de transporte tenga una importancia mucho mayor en la determinación de los precios que cuando se trata de empresas industriales. Desde el momento en que coinciden los puntos de producción y de despacho en la explotación del transporte, la conformación del precio debe quedar ligada a la configuración de los costos, so pena de que se contravenga el principio de la dependencia económica entre oferta y demanda (*ver el Capítulo 7*).

La segmentación de la demanda de transporte según su clase, cantidad y distancia, está gobernada por los costos propios y por los precios admitidos de transporte. Es causa y base de los costos propios, pero asimismo es una medida de los precios de transporte, porque durante la atención de dicha demanda sólo son soportables ciertos costos de transporte. Las tres cosas juntas, demanda, costo propio y precio de la transportación, determinan la economía de cada medio.

Al investigar los factores que, desde los puntos de vista de los ingresos y los gastos, influyen sobre la economía de un medio de transporte, hay que abarcar la determinación de las cantidades de movimiento, la identidad de los costos propios y la configuración de los precios. No obstante, los conocimientos teóricos que así se obtienen sólo pueden servir para indicar un camino a seguir.

No existe ámbito alguno en que una economía absoluta pudiera encajarse dentro de números, sino únicamente hay economía en concordancia con la estructura y la capacidad adquisitiva de cada sector de mercado. Esto ocurre especialmente en el campo de acción de los transportes muy ramificados, que hacen tanto más complicada la aplicación de reglas económicas apropiadas, cuanto que cada empresa, además de servir a sus fines económicos privados, tiene que considerar los intereses económicos de la población. Sin embargo, cuanto más claramente se pueda llegar a reconocer las conexiones que existen entre las necesidades de transportación y los costos requeridos para satisfacerlas, tanto más fácilmente se podrá armonizar los intereses de las empresas con el fenómeno de la economía pública, e impulsar así una economía de costos de transporte sana.

6.4. La economía de los costos

Como cualquier otro tipo de industria, el transporte requiere de equipo, materias primas y mano de obra. Sin embargo, una característica propia y única del transporte estriba en que su equipamiento implica instalaciones fijas y material móvil.

6.4.1. Las instalaciones fijas

A las instalaciones fijas se les suele denominar *infraestructura del transporte* y posee cuatro propiedades principales:

- Es de elevado costo;
- tiene una vida útil muy prolongada;
- carece de usos alternativos, y
- ofrece buenas economías de escala.

La infraestructura del transporte incluye a las vías férreas, carreteras, puentes, aeropuertos, etc. Tratándose de los transportes urbanos comprende, además de la vialidad general, las estaciones y las terminales, las plantas generadoras o de transformación de energía —en los transportes de tracción eléctrica— los talleres, y los lugares de encierro o pernocta. Toda esta obra de infraestructura cuesta mucho y tiene una duración muy considerable. Pero por otra parte, su utilización es bastante especializada y no admite adaptaciones a otros usos, aunque es susceptible de manejar varios rangos de intensidad y diversidad de movimientos, sensiblemente amplios.

(Para confirmar lo anterior baste imaginar cuánto cuesta un kilómetro de túnel de Metro o un taller de mantenimiento para autobuses; y durante cuánto tiempo pueden ser empleados antes de requerir ser sustituidos —los túneles del Metro de Londres tienen casi 150 años y los de México más de 25—. Además de ello, preguntémosnos qué uso diferente podría tener una terminal de autotransporte o un paso a desnivel urbano: desde luego que ninguno).

Finalmente, tenemos el aspecto de las economías de escala. En este sentido también es sencillo comprender que una vía pueda manejar una amplia gama de volúmenes de movimiento y una gran variedad de vehículos de todo tipo. Por ejemplo, en cualquier calle del sistema vial secundario (ver el apartado B.3.1) pueden operar, según la hora del día, vehículos

con niveles de servicio desde el A hasta el F, y durante el mismo lapso transitar automóviles, peatones —por la acera—, camiones de carga o vehículos de emergencia.

En cuanto a los costos de explotación, es típico de todas las instalaciones fijas operar a bajo costo, comparativamente con los costos operativos del equipo móvil.

6.4.2. El equipo rodante

Por la parte del equipo móvil o rodante, las condiciones que presenta su uso son diametralmente opuestas. Así:

- Es de relativo bajo costo;
- tiene una duración limitada;
- posee una buena diversidad de empleo, y
- no maneja economías de escala.

Abundando en lo expresado, como en el caso anterior es fácil aceptar que el equipo rodante —los vehículos— tenga un costo relativamente bajo y una duración limitada. Comparativamente, un convoy del Metro cuesta una parte casi insignificante de lo que puede representar construir los túneles o las estructuras en viaducto de una línea.

(En 1990 —México, D.F.— el precio de un convoy de Metro de nueve elementos era de \$19 millones de pesos (6 millones de dólares americanos), en tanto que la obra civil de, pongamos por caso, una línea de diez kilómetros, superaba la cifra de \$950 millones. A razón de un convoy por cada kilómetro de línea, la relación de costos del equipo móvil con respecto al de las instalaciones fijas resultaba de 20% o sea, en una proporción de 1:5. Y en cuanto a la comparación basada en la vida útil, pese al carácter tan peculiar del equipo rodante del Metro, su límite de vida por obsolescencia tecnológica, también guarda una relación de 1:5 con respecto a la infraestructura).

En el caso de los automotores la situación es más evidente, aunque se agravan las dificultades para establecer un cálculo comparativo coherente.

(Un autobús costaba en 1995 del orden de 50 mil dólares, pudiendo decirse que duraría, con un buen mantenimiento, diez años. Entre tanto el costo de apertura de una vialidad bien podría ser de 30 millones de dólares por cada kilómetro, pero su duración sería cuando menos 2.5 veces mayor).

Por el lado de la especialización, lo opuesto a la diversidad de empleo, a un automotor pueden dársele diferentes destinos; —podría transportar distintas cosas, entre ellas personas—, y su economía de escala es muy escasa, dada la imposibilidad física de multiplicar ampliamente su capacidad.

Finalmente, en contraste nuevamente con el costo de la infraestructura, los costos de operación del equipo móvil son, como se verá en el Capítulo 7 siguiente, relativamente altos comparados con el costo de adquisición.

6.4.3. Obsolescencia

Un concepto que hubo que mencionar antes sin comentarlo, y que ahora es preciso ampliar, es la obsolescencia tecnológica.

Es usual admitir, sobre todo en las postrimerías del siglo, que otro de los rasgos característicos del transporte es su acelerada evolución tecnológica, misma que, además, no es de ninguna manera homogénea. Esto afecta principalmente a los elementos de mayor duración, que pueden quedar obsoletos tecnológicamente antes de llegar a perder por completo su capacidad económica de uso. Es difícil entonces justificar su reemplazo a menos que las nuevas instalaciones ofrezcan ventajas indudables. Piénsese si no en lo que representa una ampliación de una autopista o de una estación de transporte masivo, o la sustitución de una línea de tranvías por otra de Metro. Este es un aspecto que debe de revestir el mayor cuidado y atención, sobre todo cuando se presenta la necesidad de optar entre dos obras de capacidad diferente.³

³ En 1966, el proyecto original del Metro de la Ciudad de México asumía una operación con convoyes de seis carros y la construcción de estaciones de 100 m de longitud. Una acertada concepción del proyecto llevó a cambiar el diseño a nueve carros por convoy y a estaciones de 150 m. En contraste, la falta de credibilidad en cuanto al uso posible del sistema impidió la construcción de terminales de tres andenes. Ello limitó la magnitud de la frecuencia, al quedar ésta restringida, por razones técnicas, a la operación con intervalos de salida no menores de 100 segundos (*N del A*).

6.4.4. Externalidades

Afirma J. M. Thomson en su libro⁴ que el transporte es, por excelencia, la industria de las externalidades.

Siguiendo al mismo autor tenemos que «..las externalidades las conforman aquellos costos o beneficios que surgen de la producción o del consumo de bienes o servicios, pero que no afectan [sólo] al productor o al consumidor, sino que son resentidos o gozados por terceros». Esto se debe a dos causas:

En primera, la transportación ocurre en un ambiente público; y en segunda, el transporte induce múltiples efectos colaterales que llegan a retroalimentar la actividad humana. Los vehículos, sobre todo los automotores, producen ruido, humo y gases que afectan a toda la población, aun aquella que no se desplaza. Además, asuntos del interés público tales como el tamaño de las ciudades o las densidades residenciales, resultan afectados por el transporte.

La externalidad más obvia y de mayor actualidad del transporte, es la contaminación atmosférica, que se comenta más adelante.

6.4.5. Costos al corto y al largo plazos

De una manera convencional, se habla de la ubicación temporal de los costos clasificándolos como de corto o de largo plazo. Los costos a corto plazo del transporte se logran establecer de la misma manera que en otras industrias. O sea, dada una cierta cantidad de instalaciones y de equipo, puede obtenerse un flujo de movimiento determinado. Aunque no es fácil fijar la mejor unidad de medida de la producción, puede advertirse que todas las posibles serán en el fondo equivalentes, por lo que la estructura de medición dependerá de lo que se quiera tasar: costos por vehículo/mes o por pasajero-kilómetro, por ejemplo.

No ocurre igual con los costos a largo plazo. En primer lugar porque el suministro u oferta de transporte es una variable que habrá de cambiar según las oscilaciones de la demanda —oscilaciones horarias, diarias y es-

⁴ J. M. Thomson. *Teoría económica del transporte*. Edit. Cas. Alianza Editorial. 1976. p 50.

tacionales—, e, inevitablemente, la oferta deberá regirse por el volumen de la hora punta o de demanda máxima —la HMD—. En tal sentido carece de significado cualquier “previsión a largo plazo” de la magnitud de la hora de máxima demanda.

Por otro lado, se puede conseguir que el volumen en hora punta se estabilice mediante ajustes en los horarios de los viajes, propiciados por los mismos usuarios. Esto conduce a que el equilibrio entre la oferta y la demanda pueda lograrse de dos formas distintas: i) mediante la sobrecarga de los equipos —lo cual implica un costo—, o ii) mediante ajustes en la distribución de la demanda, —lo cual carece de costo—. Como esta situación difícilmente puede llegar a constituir una regla, su evolución a lo largo del tiempo deviene impredecible y, por ende, la estimación de su costo también lo es.

De todo este discurrir se concluye por necesidad que los únicos costos que es posible analizar en el transporte son los del corto plazo. De ello se dará cuenta en el capítulo siguiente.

6.5. La economía de los ingresos

En el transporte, como en cualquiera otra actividad de índole económica, ingreso quiere decir subsistencia. Los ingresos, supuestamente obtenidos de una forma legítima, son indispensables para asegurar la prestación del servicio sin importar su origen. Su procedencia, sin embargo, no es muy diversa.

6.5.1. Fuentes ordinarias de ingreso

El ingreso de una empresa de transporte se origina a partir de dos fuentes:

- Por la venta del servicio;
- por conceptos ajenos al servicio; publicidad, sobre todo.

Dada su elevada especialización, las empresas de transporte sólo tienen una reducida capacidad para diversificarse, al menos en lo tocante a la definición general de su producto. Es cierto que una organización que se ocupe del traslado de bienes es susceptible de mover mercancías de diferente tipo, a lo más, limitados por las características del equipo rodante,

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

pero no amplía con ello la esfera de su ramo como podría lograrlo una empresa industrial convencional. Aunque algunas novedosas tácticas gerenciales no recomiendan la excesiva pulverización del esfuerzo y los objetivos de la producción, no cabe duda que confiar o vivir empresarialmente de un solo producto es riesgoso desde todo punto de vista.

Pese a que la diversificación no es una cualidad inmanente de las empresas de transporte, es importante cuando menos intentarla. Actualmente la búsqueda se ha centrado en los servicios especializados u orientados a ciertos mercados selectivos, manejados paralelamente a los servicios normales. El "dial-o-ride", o sea, el transporte sobre pedido, y los transportes de altas especificaciones son dos planteamientos pensados para incrementar los ingresos.

A pesar de todo esto las posibilidades de diversificación de una empresa de transporte, como ya se dijo, son muy limitadas. La mayor parte de lo que pudiera lograrse adicionalmente ha de hacerse al margen o paralelamente a la actividad principal. Esto hace al transporte muy vulnerable a los efectos de las ideas centristas de la administración pública, reflejándose siempre en el renglón de los ingresos, sobre todo cuando, como es lo habitual, la regulación oficial cubre el aspecto tarifario.

Entre los pocos recursos de que se dispone para optimizar los ingresos está el manejo de tácticas de cobro, orientadas casi del todo al aseguramiento del mercado. El precobro, la venta de abonos o boletos de uso múltiple—conllevando casi siempre una rebaja en el precio de venta—, y el diseño de esquemas de tarificación asociados a la distancia recorrida, son algunos, por no decir los únicos, de los métodos usualmente empleados por los transportadores para ampliar o dosificar su mercado.

Por otro lado, los transportes tienen la gran ventaja de efectuar la venta en efectivo—y anticipada, cuando se instrumentan los abonos u otros dispositivos semejantes—. Esto representa un indudable beneficio⁵ por el manejo que se puede dar al dinero, para el reditúo de intereses o para la adquisición de insumos en forma masiva y previa a su consumo.

⁵ En la gestión de la tesorería de las empresas se estima ventajoso el manejo de *Periodos de Maduración* negativos. Esto es, tener ingresos inmediatos y pagos diferidos, como es usual en el transporte (*N del A*).

6.5.2. Los subsidios

El subsidio, de acuerdo con una definición aceptada, consiste en la aportación de recursos económicos por parte del Estado, destinados a mantener una tarifa por debajo de su valor real de mercado. La misma acepción del término expone a crítica su razón de ser. En las economías de libre mercado los subsidios están proscritos por contravenir las leyes de la competencia.

En tratándose del transporte, y sobre todo del transporte de personas, la cuestión de los subsidios adquiere una particular relevancia, y hay sobrada razón para esto ya que existen bases para fundamentar criterios en favor y en contra de ellos.

Se argumenta en su favor debido a la función que cumplen los transportes, indefectiblemente asociados a la libertad humana y a la actividad económica. Así, se dice que transportarse es una actividad social la cual, además,

- es un derecho inalienable de la población, carente de base moral para un trato mercantilista;
- constituye el basamento de toda la actividad económica de la sociedad;
- es un regulador demográfico mediante el cual el gobierno es beneficiario de numerosas externalidades;
- es un servicio público, del que otorgaría derecho el pago de impuestos municipales o estatales (como en la colecta de la basura, el alumbrado público o el drenaje);
- es un bien asociado, cuya "adquisición" está derivada de la de otros bienes o servicios finales (nadie viaja sin motivo para hacerlo; se viaja por o para algo); y cuya satisfacción lleva implícito un precio que ya no tiene porqué ser sobrecargado con el costo de la transportación.

Este es un tema por demás controvertido pero que cuenta con ilustres defensores. Fue una de las bases de argumentación para justificar un ensayo de tarifa nula de transporte, en Italia (Roma) en los años 70s. Trataremos de explicarlo. Supóngase que para la adquisición de los bienes de subsistencia es preciso efectuar un traslado que implica un costo.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

El argumento expresa que el precio de los bienes no debería de gravarse con el importe del viaje requerido para acopiárselos, pues ello significa un encarecimiento real de los bienes.

Conforme a dicho planteamiento, el precio del pasaje debería tener un nivel que pusiera al alcance de cada persona tantos viajes como fueran necesarios para el cabal desempeño de sus tareas cotidianas. La diferencia entre ese valor crítico y el costo global del viaje, constituiría el subsidio del que es acreedor cada ciudadano. Tal y como se comenta en párrafos posteriores —en el caso de el esquema tarifario de París—, la diferencia entre el *módulo de equilibrio* y el *módulo de aplicación*, (ver el apartado 8.3.6) la subsidia el gobierno.

Por otro lado, los subsidios también tienen detractores y sus razonamientos no son tampoco desdeñables. Así, se dice que el transporte debe solventar sus costos globales por las siguientes razones:

- para evitar que se distorsione la economía. Sobre este tema se abunda en el Capítulo 7: Los Costos de los Transportes;
- para lograr la correcta racionalización de los recursos. Es bien sabido que cuando algo de valor no cuesta, se abusa de su posesión;
- para garantizar la satisfacción de todos los segmentos de la demanda. Los transportes subsidiados tienden a escasear, a veces precisamente porque la demanda está distorsionada —se “hipertrofia”, si cabe la expresión— debido a los bajos precios;
- para incentivar el crecimiento de la oferta;
- para incentivar la calidad de la oferta;
- para establecer la equidad en la relación oferta/demanda. En ese sentido a lo que se refiere la idea es al eventual manejo de clases y tarifas variadas, de acuerdo con el tipo de usuario o de servicio.

Como puede verse, también en el renglón de los inconvenientes los subsidios son motivo de razonamientos fundamentados. De ahí que sólo el equilibrio justo, basado en un análisis detallado y lógico que considere todos los factores condicionantes, puede determinar si un subsidio es o

no necesario y de qué monto. De ahí la obvia necesidad de contar con una estrategia tarifaria bien pensada y diseñada.

Los subsidios pueden aplicarse de múltiples maneras. Sean en dinero o en especie. Por ejemplo:

- Reduciendo o eliminando algunos impuestos;
- suministrando energéticos o partes a bajo precio;
- aportando partidas monetarias de compensación;
- haciéndose cargo el gobierno de la construcción y/o de la conservación de la infraestructura;
- permitiendo o concesionando servicios especiales de alto nivel y precio, a cambio de un porcentaje (igual o no) de servicios de bajo costo.

(Existe otro par de fórmulas —por cierto, probadas sólo ocasionalmente— que son una especie de “subsidios selectivos”; funcionan así:

A sabiendas que el público coloca a menudo la calidad en un primer plano y el precio del boleto en segundo, se puede dar la autorización de una tarifa ligeramente mayor de la necesaria a cambio de un compromiso de mejorar el servicio. Es decir, el concesionario o permisionario estaría autorizado para el cobro de una tarifa más alta —digamos 15% arriba— si se compromete —el concesionario— a invertir una parte —digamos del 10%— de ese sobrecobro, en obras, en capacitación o en equipo que mejore la calidad de la transportación.

La otra fórmula es tanto o más efectiva. La banca oficial abre una línea de crédito contingente a favor del gobierno local, sobre la cual se aplican cargos financieros tendientes a compensar los flujos económicos de los transportistas afectados por los rezagos tarifarios).

Estos procedimientos son muy útiles cuando se deben modificar las tarifas y se teme que el público se oponga a ello. La fórmula del compromiso a menudo logra atenuar la animadversión a los aumentos. Pero sobre todo, cuando se maneja responsablemente, puede librar al gobierno de la tarea de conservar las rutas y el servicio en buen estado. La fórmula del crédito contingente por lo general pasa desapercibida para el gran público, pero su efectividad es patente.

6.6. El rendimiento económico

Como en otra inversión cualquiera, el rendimiento económico del transporte puede verse desde dos puntos de vista no desligados el uno del otro:

- i) Como el rendimiento de un capital que, circunstancialmente, está invertido en transporte, pero que bien podría estarlo de otra manera, —en el mercado de capitales directamente o en un negocio distinto—;
- ii) Como el rendimiento de la inversión, tal y como está.

El primer caso asimila el rendimiento a una *tasa de interés de oportunidad*, y en el segundo a la tasa de *reditabilidad del transporte como negocio*.

El transporte como negocio ha sido objeto de incontables y no siempre objetivas críticas. Dentro de su carácter de servicio público,⁶ son muchas las razones que se han esgrimido para censurar el derecho a obtener una ganancia por la prestación de ese servicio. Independientemente de que esa postura ha acarreado múltiples problemas al suministro de transporte y ha creado una gran confusión en el establecimiento de estrategias coherentes de servicio, aquí no se ha creído conveniente adoptar posición doctrinaria alguna, por las razones siguientes:

- No obstante quiénes operen el transporte —el gobierno o los particulares—, debe tenerse claro cuál es el rendimiento de las inversiones;
- un buen rendimiento económico garantiza a su vez la buena operación de los transportes; y por último,
- la economía de los transportes debe verse como un fenómeno que afecta a la sociedad como un todo y no sólo a alguna de sus partes (un sector de usuarios, en este caso). Un mal rendimiento económico conlleva un mal transporte, y un resultado adverso en tal sentido interesa a todos.

⁶ En Francia se le cataloga desde los años 70s como un «servicio de interés público» (*N del A*).

Ahora, antes de proceder en consecuencia, hagámonos la pregunta de «qué significa un buen rendimiento económico». Para ello debemos recurrir a algunos postulados económicos elementales. Veamos:

6.6.1. El concepto de rendimiento del capital

Este concepto de rendimiento tiene varias acepciones. De sus sinónimos más comunes, destacaremos: *interés, provecho, renta, utilidad o ganancia*. En tal sentido Arturo Infante Villarreal⁷ indica que el término utilidad «... aparece relacionado con la preferencia que expresan las personas por recibir dinero ahora en lugar de obtenerlo más tarde ...[ya que]...los recursos financieros tienen capacidad de generar riqueza con el transcurso del tiempo».

Esa preferencia se manifiesta según el concepto de la *tasa de rendimiento*, la cual valora la posibilidad de crecimiento de las inversiones, y dicho aumento depende de las oportunidades que existan para invertir. Cada inversión puede producir distinto resultado, por lo cual la tasa de rendimiento tiende a cambiar de manera casi continua dependiendo de las circunstancias. Por eso es común hablar de la *tasa de rendimiento de oportunidad* (de un inversionista) para reflejar el hecho de que de no existir una mejor opción, el inversionista de referencia tendría una manera de incrementar su dinero en proporción a dicha tasa.

Cuando a un inversionista le es indiferente recibir hoy \$P, o recibir \$(P+C) después de un período t, decimos que su tasa de rendimiento de oportunidad i, vale:

$$i = \frac{C}{P} \text{ (eventualmente } \times 100\%).$$

O sea, si a alguien —un transportista, por ejemplo— le resulta igual recibir hoy \$ 100 ó \$ 124 dentro de un año, la tasa de interés (de oportunidad) es de 24% anual, ya que los \$100 de hoy y los \$124 de dentro de un año son equivalentes. Esa inversión representa su mejor alternativa, ya que de otra manera estaría perdiendo dinero. Tal pérdida es lo que se llama “costo de oportunidad”. En torno a los conceptos de tasa de oportunidad y equivalencia, giran todos los análisis de rentabilidad de las inversiones.

⁷ Arturo Infante Villarreal. “Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión”. Edit. Norma. 1988. p 29.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Como puede inferirse, la tasa de rendimiento o interés implica la cuestión del término del análisis de equivalencia. Por lo general, cuando se habla de una tasa dada se está admitiendo la existencia de un período —que también en general comprende un año—. Cuando se maneja más de un período (dos o más años) es preciso especificar si el interés ha de ser simple o compuesto.

Se habla de un *interés simple* cuando la aplicación de la tasa se hace en forma independiente de los períodos precedentes transcurridos. Así, un capital de \$1,000 afectado de un interés simple de un 20% anual durante dos años, representará una cantidad final de \$ 1,400. Es decir, \$ 200 (20%) por cada año transcurrido. La expresión del interés simple es como sigue:

$$C = P (1 + ni) \quad (\text{ecuación 6.1})$$

siendo:

- C = capital al final del plazo;
- P = capital al inicio del plazo;
- n = número de períodos;
- i = tasa de interés.

Verificando el resultado:

$$C = \$1,000 \times [1 + (2 \times 0.20)] = \$1,000 \times 1.40 = \$1,400$$

El *interés compuesto*, por su parte, no prescinde del interés que acumulan los períodos precedentes. Tomemos el mismo caso anterior pero sujetándolo a un interés compuesto.

Durante el primer año, las cosas son idénticas a lo ocurrido al manejar interés simple; el capital, al término del primer año vale $C = \$1,000 \times 1.2 = \$1,200$. El cambio viene cuando se calcula el interés del segundo año. Aquí habrá que tomar en cuenta que el capital inicial ya creció; ya no se tienen solamente \$1,000, sino que ya son \$1,200, y los intereses del nuevo año deberán calcularse sobre esa segunda cantidad. Así, para el segundo año $C = \$1,200 \times 1.2 = \$1,440$. Como se ve, la cantidad final (\$1,440) es mayor que la calculada mediante el interés simple (\$1,400), ello debido a que los intereses que se devengaron durante el primer año también ganaron interés en el segundo.

202

La expresión del interés compuesto es la siguiente:

$$C = P (1 + i)^n \quad (\text{ec. 6.2})$$

con los mismos significados anteriores.

El resultado anotado antes puede ser verificado mediante la aplicación de la ecuación 6.2, como se indica en seguida.

$$C = \$1,000 \times (1 + 0.2)^2 = \$1,000 \times 1.44 = \$1,440.$$

6.6.2. Valor Presente Neto (VPN)

Partiendo de la argumentación anterior, puede llegarse muy fácilmente a uno de los conceptos más usuales en los análisis del rendimiento: el del Valor Presente Neto o VPN. El valor presente neto de una inversión es su valor *en dinero de hoy*. O, dicho de otra manera, es el equivalente en moneda actual del valor que pudiera llegar a alcanzar la inversión en el futuro. Esto tiene un profundo significado durante la evaluación comparativa de las distintas opciones de inversión; cuando existe la disyuntiva entre cuál es la mejor forma de invertir, el cálculo del VPN de las opciones proporciona una visión muy acertada y muy confiable de lo que constituiría el mejor proyecto. Revisemos esto con un par de ejemplos.

Problema 6.2.

Un transportista compra un vehículo nuevo en 100,000 pesos y al cabo de 3 años lo vende en 20,000. Durante esos tres años el vehículo le reportó ingresos netos de 6,000 pesos al mes (72,000 pesos cada año). Si hubiera invertido ese dinero en una cuenta bancaria a plazo fijo, la tasa de interés por aplicar (la *tasa de oportunidad*) habría sido de 30% anual. Se quiere saber qué tan buen negocio fue el adquirir el autobús en la forma citada. La tasa inflacionaria esperada es del 20%.

Solución:

Calculemos primero el rendimiento de la inversión a los tres años según una tasa de 30% (la tasa de oportunidad). Mediante la ecuación 6.2, tendremos, efectuando las operaciones:

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

$$C = 100,000 \times (1 + 0.30)^3 = 100,000 \times 2.197 = 219,700 \text{ pesos.}$$

Esos 219,700 pesos los deberíamos transformar a dinero de hoy para conocer el monto real actual del producto de la inversión. Para ello es preciso emplear una expresión que nos indique cuánto vale en dinero de hoy una cantidad que se recibirá en el futuro. La fórmula del valor presente neto de las inversiones es la que se muestra en seguida.

$$VPN(i) = C \frac{1}{(1+i)^n}; \text{ o bien: } VPN(i) = \sum_{n=0}^n \frac{C_n}{(1+i)^n} \quad (\text{ecuación 6.4})$$

En donde:

- VPN(i) = Valor presente neto de un capital (valor en dinero de hoy);
- C = Capital que se desea actualizar;
- i = tasa de interés anual aplicable (tasa anual de descuento);
- n = plazo en años.⁸

Así tendremos que, denominando como R al producto resultante de la inversión a su valor presente:

$$R = 219,700 \frac{1}{(1+0.2)^3} = 219,700 \times 0.5787 = 127,141 \text{ pesos}$$

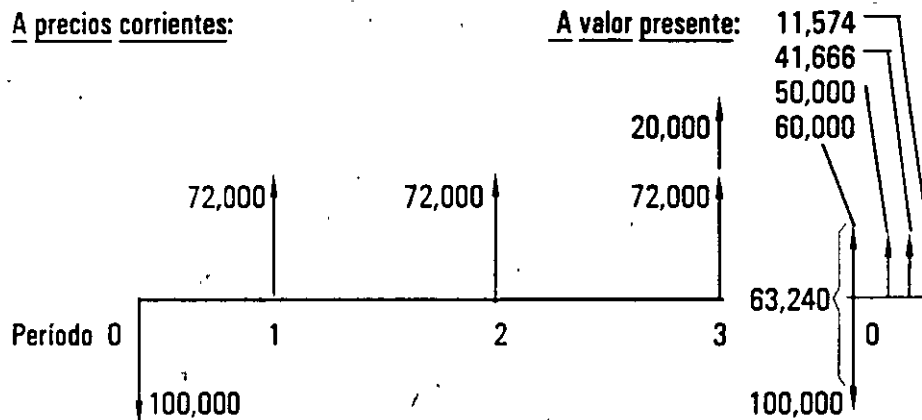
Que es 27% mayor que la cantidad invertida. Es decir, en tres años la inversión creció 27.1% en términos reales al aplicársele una tasa de interés del 30% anual.

Ahora debemos analizar lo ocurrido con la inversión efectuada en el vehículo. Por principio de cuentas los 100 mil pesos que se invierten en la unidad son dinero de hoy, por lo tanto cuentan como tal. En cambio, los primeros 72 mil pesos de ingreso se obtienen un año después (por simplicidad se supone que las utilidades se obtienen así); los segundos 72 mil al cabo del segundo año y los terceros 72 mil al final del ciclo de tres años, junto con los 20 mil pesos en los que se vende al fin el vehículo. Tales cantidades no están valuadas en dinero de hoy, sino en dinero de uno, dos y tres años más tarde, respectivamente. Por lo tanto hay que transformarlas también en dinero actual. Esto se hace así:

⁸ El plazo puede quedar definido en otra unidad temporal (meses, por ejemplo); en ese caso la tasa deberá especificarse de acuerdo con el período seleccionado *UN del A*.

Inversión en el año cero:	- 100,000 x (1/1.2) ⁰ =	- (100,000)
Ingreso del primer año:	- 72,000 x (1/1.2) ¹ = 72,000 x 0.8333 =	60,000
Ingreso del segundo año:	- 72,000 x (1/1.2) ² = 72,000 x 0.6944 =	50,000
Ingreso del tercer año:	- 72,000 x (1/1.2) ³ = 72,000 x 0.5787 =	41,666
Actualización del valor de rescate:		
	20,000 x (1/1.2) ³ = 20,000 x 0.5787	= 11,574
Suma de las remuneraciones a valor presente		= \$163,240

Diagrama de flujo de la inversión.



Este resultado puede interpretarse como sigue. Si se invierte un capital de 100 mil pesos que proporcione los flujos de recursos señalados, en valor actual del dinero se tendrán \$36,099 más (esto es, \$63,240 - \$27,141) que si se hubiera invertido dicho capital en una cuenta o en cualquier otro negocio que generara un interés anual del 30%.

Este ejemplo, como otros de los que se ha hecho uso para dar una noción más clara de los conceptos, es sumamente sencillo. En realidad presenta varias simplificaciones entre las que se pueden enumerar las siguientes:

- Las actualizaciones de los ingresos se calcularon anualmente en vez de hacerlo en forma mensual. Realmente los ingresos de la explotación de un autobús deben contabilizarse cada mes;

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- En el ejemplo se supone que los ingresos son netos; es decir, una vez restados de los ingresos totales los gastos correspondientes, incluyendo los impuestos. Este planteamiento no es realista, por lo general los flujos de los ingresos y los costos tienen una periodicidad distinta; mientras que los ingresos son diarios, los costos se contabilizan y se devengan al mes.

Resolvamos otro ejemplo donde ya se consideran esas variantes.

Problema 6.3.

Determinar el resultado de invertir en un vehículo de 232,300 pesos, IVA y comisiones incluidas, bajo el siguiente planteamiento:

La tasa de descuento es de 20% anual (1.67% mensual).

Las cifras de ingresos y gastos orillados por la explotación del vehículo se resumen como se indica a continuación.

Ingresos: 23,490 pesos/mes, obtenidos de transportar 15,660 pasajeros, —580 pasajeros/día en meses de 27 días—, con tarifa de \$1.50/boleto.

Gastos operativos: 13,158 pesos mensuales, desglosados como sigue:

- 3,000 pesos por salario del operador;
- 6,989 pesos por operación (combustible, lubricantes, llantas, etc);
- 1,982 pesos por mantenimiento y reparaciones, en promedio;
- 1,187 pesos por impuestos, cuota administrativa y otros

Cada dos años de trabajo la unidad habrá de requerir una reparación mayor, cuyo costo estimado es de 30,000 pesos. La vida útil de la unidad es de 6 años, al término de los cuales tendrá un valor de rescate de 10%

Solución:

Durante los primeros dos años, cada mes se producen los gastos y los ingresos que se indican en los datos, los cuales representan \$10,332 de superávit mensual. Es decir, \$23,490 de ingresos mensuales menos \$13,158 correspondientes a los gastos de operación.

El cuadro que sigue muestra el flujo financiero —el “cash-flow”— de la inversión, considerando una tasa de 20% como el *costo del dinero* o el *rendimiento mínimo* deseado. Esta forma de tabular el cálculo del Valor Presente Neto facilita el proceso y su comprensión.

CONCEPTO / AÑOS	0	1	2	3	4	5	6
Costos:							
Adquisición del vehículo	232,300						
Gastos operativos		157,896	157,896	157,896	157,896	157,896	157,896
Reparación mayor			30,000		30,000		
Total:	232,300	157,896	187,896		157,896	187,896	
Beneficios:							
Ingresos por servicios		281,880	281,800	281,800	281,800	281,800	281,800
Valor de rescate							23,230
Total:		281,800	281,800	281,800	281,800	281,800	305,110
Flujo neto de efectivo	(-232,300)	123,984	93,984	123,984	93,984	123,984	147,214
Factor de actualización (*)	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349
Flujos descontados	(-232,300)	103,320	65,267	71,750	45,324	49,826	49,302
VPN (Σ flujo descontado)	152,488						

(*) Tasa de descuento de 20%

Las conclusiones derivadas del análisis son las siguientes:

Dado que el VPN es mayor que cero ($VPN > 0$) la inversión es recomendable;

Después de pagar el capital invertido y un rendimiento de 20% anual, le queda aún al inversionista un monto de \$152,488.

El inversionista puede tomar un crédito por \$232,200, y al cabo de 6 años habrá pagado el capital más los intereses a una tasa de 20%, y tendrá un remanente a valor presente de \$152,488.

6.6.3. La tasa interna de rentabilidad (TIR)

El VPN depende en todo momento de la tasa de descuento usada para su cálculo. Tal tasa puede ser la tasa de oportunidad, una tasa bancaria, o

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

alguna otra que se conviniera en utilizar. En cualquier caso el resultado de actualizar a valor presente la suma de las inversiones y los productos derivados de ellas puede ser mayor, igual o menor que cero. Veamos qué significa esto.

Si la suma de lo obtenido (a su valor presente) menos la suma de lo que se invirtió (también a valor presente) es mayor que cero, el resultado de la inversión es positivo, y su cuantía será la ganancia obtenida con tal que la tasa empleada refleje realmente la mejor opción. En cambio, si dicha diferencia fuera menor que cero, se habría incurrido en una pérdida. Finalmente, si el resultado fuera justamente cero, no se habría obtenido ni utilidad ni pérdida; se habría llegado a una posición de indiferencia económica en cuanto a la inversión, la cual redituaría exactamente el interés de la tasa con la que se hubiera efectuado el cálculo.

La última aseveración es muy importante porque establece que la cuantía de la ganancia o la pérdida depende del valor de la tasa utilizada, que muchas veces es apreciativo y que pudiera cambiar de una persona a otra. Después de todo, se trata de un valor que se fija de acuerdo con las oportunidades de inversión que haya. Pareciera entonces más apropiado comparar los resultados que se obtuvieran con distintas tasas de interés, para de ahí darle un valor al resultado.

La Tasa Interna de Rentabilidad o Tasa Interna de Retorno (TIR) nos conduce de la mano a esa posibilidad. Constituye la tasa de descuento a la cual el Valor Presente Neto de la inversión es igual a cero. Esto puede parecer paradójico, pero si se analiza bien se ve que tiene lógica. Veamos.

La tasa a la que no se obtiene utilidad ni se sufre pérdida —tasa de indiferencia— queda colocada en el justo equilibrio financiero; es el interés que producirá la inversión. Si se compara con la posibilidad de invertir a otra tasa más elevada, seguramente inducirá a pensar que la inversión es mala comparada con la rentabilidad mayor surgida de dicha tasa hipotéticamente también mayor. Y, al contrario, si cualquiera otra inversión implicara una tasa más modesta, la inversión en estudio sería considerada buena.

La tasa interna de rentabilidad no es difícil de calcular. Básicamente se trata de obtener el valor de i que hace igual a 0 (cero) la suma de las inversiones y los productos. Así:

$$VPN = \sum_{j=0}^n Q \cdot \frac{1}{(1+i)^j} = 0 \quad (\text{ecuación 6.5})$$

Esta expresión representa la suma —el símbolo Σ (sigma) significa “suma”— de las Q inversiones y productos expresados en su valor presente. La j indica cada uno de los n períodos y la i es la incógnita cuyo valor se busca. Para valores de n menores o iguales a 4, los resultados se logran calcular mediante la solución de un polinomio de grado n . Para valores de n mayores de 4 es preciso recurrir a una búsqueda por ensayos. Actualmente varios paquetes de cómputo han puesto ya al alcance del analista una manera sencilla de obtener la TIR.⁹

Problema 6.4.

Encontrar la Tasa Interna de Rentabilidad del caso del Problema 6.2.

Solución:

La solución se puede dar por tanteos o ensayos, o mediante algún programa de computadora. Para hacer más claro el proceso de encontrar la Tasa Interna de Rentabilidad —TIR—, recurriremos al primer método (por ensayos), representándose tres de ellos en la solución del problema. Para los ensayos las tasas se escogen de manera un tanto aleatoria y básicamente pensando en el “centrado” de la TIR; no aluden necesariamente a la tasa de oportunidad.

Primer ensayo. Cálculo del VPN con $i = 60\%$:

Ingresos - \$72,000 $\times (1/1.6)^1 = \$72,000 \times 0.6250 = \$45,000$

\$72,000 $\times (1/1.6)^2 = \$72,000 \times 0.3906 = \$28,123$

\$72,000 $\times (1/1.6)^3 = \$72,000 \times 0.2441 = \$17,575$

\$20,000 $\times (1/1.6)^3 = \$20,000 \times 0.2441 = \$4,882$

Gastos - \$100,000 (estos \$100,000 ya están a valor presente. Se invierten al inicio.

Entonces, la suma de ingresos y gastos a su VP = (\$4,420)

⁹ La mayoría de las llamadas “Hojas electrónicas” incluye esa posibilidad (*W del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

El resultado arrojó un valor negativo, es decir, a su valor presente, los gastos son mayores que los ingresos (eso queda indicado por los paréntesis que circunscriben la suma).

Segundo ensayo. Calculando el VPN con $i = 40\%$:

$$\text{Ingresos} = \$72,000 \times (1/1.40) = \$72,000 \times 0.7143 = \$ 51,429$$

$$\$72,000 \times (1/1.40)^2 = \$72,000 \times 0.5102 = \$36,735$$

$$\$72,000 \times (1/1.40)^3 = \$72,000 \times 0.3644 = \$26,239$$

$$\$20,000 \times (1/1.40)^3 = \$20,000 \times 0.3644 = \$ 7,289$$

$$\text{Gastos} = \$100,000$$

$$\text{Suma de ingresos y gastos a su VP} = \$ 21,692$$

La suma dio positiva, lo que quiere decir que a su valor presente los ingresos son mayores que los gastos.

Tercer ensayo. Calculando el VPN con $i = 56\%$:

$$\text{Ingresos} = \$72,000 \times (1/1.56)^1 = \$72,000 \times 0.6410 = \$46,154$$

$$\$72,000 \times (1/1.56)^2 = \$72,000 \times 0.4109 = \$29,586$$

$$\$72,000 \times (1/1.56)^3 = \$72,000 \times 0.2634 = \$18,965$$

$$\$20,000 \times (1/1.56)^3 = \$20,000 \times 0.7938 = \$ 5,268$$

$$\text{Gastos} = \$100,000$$

$$\text{Suma de ingresos y gastos a su VP} = \$ 27 \text{ (veintisiete pesos).}$$

(la TIR podría ser calculada todavía con mayor precisión, pero para los fines del problema es suficiente con la aproximación lograda).

Esta cifra es prácticamente nula, por lo que se considera que la TIR de la inversión, tal como se planteó, es de 56% anual. Eso quiere decir que cualquier inversión directa de los \$100,000 a una tasa menor del 56% no sería ventajosa. Ello explica de nuevo el resultado del Problema 6.2.

6.7. Beneficio contra costo

Además de la Tasa Interna de Rentabilidad, hay otros índices que sirven para valorar la redituabilidad de las inversiones. Entre ellos los más útiles son la Relación Beneficio/Costo (B/C) que estima de manera cualitativa y cuantitativa el reditúo de un proyecto, y el Período de Recuperación —*payback period* (PRC)— que mide la bondad de las inversiones en función del tiempo que tarda su recuperación.

6.7.1. La relación beneficio/costo (B/C)

La *relación beneficio/costo* se define como el cociente que resulta de dividir el monto de los beneficios —en dinero actualizado—, entre el respectivo importe monetario actualizado de los costos. Se obtiene como sigue:

- 1) Se estima el VP de los ingresos asociados al proyecto;
- 2) se obtiene el VP de los egresos asociados al proyecto y,
- 3) se calcula la relación siguiente:

$$B/C = \frac{VP(\text{ingresos})}{VP(\text{egresos})} \quad (\text{ecuación 6.5})$$

Del valor de la relación interesan sus tres posibles opciones que son:

- B/C > 1: el proyecto es ventajoso;
- B/C = 1: el proyecto es indiferente y,
- B/C < 1: el proyecto no conviene¹⁰

Como puede verse, el procedimiento consiste sólo en calcular, con la mayor precisión y detalle posibles, el valor presente neto de los ingresos (beneficio), y de los egresos (costo) y, seguidamente, obtener el cociente de los primeros entre los segundos, comparando después el resultado con respecto a uno.

La relación B/C sirve también para comparar entre sí dos o más proyectos de inversión. En general si uno de ellos resulta con una relación B/C

¹⁰ O al menos, no como está planteado (*W del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

mayor que los demás, constituirá la mejor opción. Se da por descontado que en el análisis se toma la misma tasa de oportunidad para todos los proyectos. Estudiemos comparativamente dos casos de inversión.

Problema 6.5.

Al propietario de un microbús usado que ya casi rebasó su vida útil económica, se le presentan dos opciones:

- 1) Vender el vehículo a su valor de rescate y con el producto de la venta (más otra cantidad, quizás) comprar un microbús nuevo; o bien,
- 2) Reconstruir el microbús, de forma de obtener de él un plazo adicional de uso, aumentándole el tiempo de vida útil.

Los costos y los ingresos derivados de cada operación, más los valores de rescate respectivos de ambas opciones se detallan a continuación.¹¹

Unidad nueva (microbús modelo 1990).

Precio de adquisición	- \$65.0 millones;
Vida útil estimada	- cuatro años.
Valor de rescate	- \$13.0 millones (en dinero corriente)
Gastos de operación	- \$2.339 millones/mes;
Mantenimiento	- \$2.503 millones/mes;
Gastos administrativos	- \$0.299 millones/mes;
Volumen transportado	- 13,000 pasajeros/mes de 26 días;
Tarifa actual	- \$ 500/boleto

En el problema la tarifa se aumentará aproximadamente 20% anual, en valores cerrados de \$50.

Unidad reconstruida.

Costo de reconstrucción	- \$20.0 millones;
Valor de rescate actual	- \$15.0 millones;
Vida útil adicional	- tres años;
Valor de rescate último	- cero.

¹¹ Los datos son de un caso real, de ahí su referencia monetaria —pesos mexicanos de 1990— (V de A).

Gastos de operación	- \$3.326 millones/mes;
Mantenimiento	- \$3.129 millones/mes;
Gastos administrativos	- \$0.299 millones/mes;
Índice de transportación	- 13,000 pasajeros/mes de 26 días;
Tarifa actual	- \$ 500/boleto (mismo caso anterior)

En ambos casos la tasa de oportunidad es de 36% anual, y el interés bancario de 24% anual. Los costos operativos y los de mantenimiento se incrementarán 15% anualmente.

Solución:

Primero se calcula el valor presente del ingreso y los gastos y luego el valor de B/C. El análisis se hará para uno y otro vehículo, de acuerdo con la vida útil esperada (duración o vida del proyecto).

a) Unidad nueva.

Cálculo de los ingresos:

Los ingresos vienen de la venta de boletos, a razón de \$500/pasajero, o sea $\$500 \times 13,000 = \$6,500,000$ /mes. Esta cantidad habrá de ser actualizada (VP) a la fecha cero — fecha de hoy—, de la manera que se ilustró en el Problema 6.3. En el cuadro que sigue se desarrolla el cálculo del valor presente (VP) de los ingresos mensuales.

FECHA	TARIFA	INGRESO	Factor de VP	VP del INGRESO
Mes uno	\$ 500	\$ 6,500,000	0.9803	\$ 6,371,950
Mes dos	500	6,500,000	0.9611	6,247,153
Mes tres	500	6,500,000	0.9423	5,124,950
Mes 13	\$ 600	\$ 7,800,000	0.7730	\$ 6,029,420
Mes 48	\$ 850	\$ 11,050,000	0.3865	\$ 4,271,124
Valor de rescate		\$ 13,000,000	0.3865	\$ 5,024,990

La cifra de \$11.050 millones, que se anota como ingreso del mes 48, se obtuvo de suponer un incremento de 20% anual sobre el ingreso de la fecha cero (\$6.5 millones). En ese cuarto año se supone que la tarifa inicial de \$500/boleto llegará a ser de \$ 850/boleto.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

La suma total de las percepciones mensuales de cuatro años, ajustadas a su valor presente, será entonces \$ 245,286,275. En cuanto al valor de rescate, también debe considerársele un ingreso, y dado que se recibiría en el mes 48, su monto ya actualizado sería de $\$13.0 \times 0.3865 = \5.025 millones. Al sumarse esta cifra a la cantidad anterior, dará unos ingresos totales a valor presente de \$ 250,311,265.

Cálculo de los costos:

Por la parte de los costos se tienen los siguientes egresos: el costo de adquisición tiene un monto de \$65.0 millones y se pretende cubrir con los productos del trabajo de la unidad (pagos mensuales) y en parte con el resultado de la venta del vehículo viejo, o sean, \$15 millones, más una aportación adicional de \$4.5 millones dados como enganche del nuevo. No obstante, al evaluar el proyecto la inversión en la fecha cero es de \$ 65 millones, independientemente de que la aportación líquida sea de sólo \$4.5 millones.

El resto de los gastos se realiza mes tras mes; su tratamiento es similar al de la actualización de los ingresos. Pero además de requerir una actualización a su valor presente, se espera que tengan incrementos anuales de 15%. En el cuadro de la página siguiente se muestran las dos consideraciones.

La cantidad pagada al mes se forma con los gastos de:

Gastos de operación	- \$ 2.339 millones/mes;
Mantenimiento	- \$ 1.251 millones/mes;
Gastos administrativos	- \$ 0.299 millones/mes;
Suma de los gastos	- \$ 3.889 millones/mes.

Los gastos evolucionan a través del tiempo de la siguiente manera:

Al comenzar el segundo año los \$3.889 millones aumentarán 15%, lo que implica elevar la cifra a \$4.472 millones. Esta situación ya no se modificará —salvo con el incremento anual de 15% de los costos operativos— hasta el final del período de análisis estipulado de cuatro años. En el último año los costos de operación se habrán incrementado hasta alcanzar \$5,914,683.

Como paso siguiente resta calcular el valor presente de los gastos de cada mes y obtener la suma respectiva. Dicha suma tiene un monto de \$142,921,367. Para tener la suma total de los gastos hay que agregar el desembolso inicial (que no requiere actualizarse, precisamente por ocurrir en la fecha cero) de \$65 millones. Con ello se llega a unos gastos actualizados de \$207,921,367.

FECHA	CANTIDAD PAGADA	Factor de VP	CIFRA AJUSTADA
Mes uno	\$ 3,889,000	0.9803	\$ 3,812,387
Mes dos	3,889,000	0.9611	3,737,718
Mes tres	3,889,000	0.9423	3,664,605
Mes 13	\$ 4,472,350	0.7730	\$ 3,457,126
Mes 25	\$ 5,143,203	0.6095	\$ 3,134,824
Mes 26	5,143,203	0.5975	3,073,064
Mes 48	\$ 5,914,683	0.3865	\$ 2,286,025

Por último, una vez en conocimiento de los beneficios y los costos actualizados a valor presente, deberá de calcularse la relación B/C:

$$B/C = \frac{\$250,311,265}{\$207,921,367} = 1.75 > 1$$

b) Unidad reconstruida.

Cálculo de los ingresos:

De nueva cuenta, los ingresos están definidos por los 13,000 boletos vendidos, a razón de \$500/boleto. Eso arroja la misma cifra inicial de \$6,500,000/mes. Esta cantidad sufrirá una actualización a su VP en la fecha cero. El resultado de tal ajuste es igual que en el caso de la unidad nueva; por lo que el cuadro de actualización es el mismo pero limitado a tres años.

Además, al omitirse el valor de rescate actualizado de \$5.025 millones, la suma de los ingresos a su valor presente será \$ 187,940,090.

Cálculo de los gastos:

Para los gastos se sigue el mismo procedimiento que en el caso del vehículo nuevo. Las cantidades pagadas en cada mes son:

Gastos de operación	- \$ 3.326 millones/mes;
Mantenimiento	- \$ 3.129 millones/mes;
Gastos administrativos	- \$ 0.299 millones/mes;
Suma de los gastos	- \$ 6.754 millones/mes.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En este caso además, para financiar la reconstrucción se precisa hacer una inversión de \$15.5 millones.

Los gastos mensuales evolucionarán así: los \$6.754 millones crecerán durante el segundo año a \$7,767,000, debido al incremento del 15% en la suma de gastos de operación, mantenimiento y administración y a \$8,821,165 en el tercer año.

Estas cantidades tienen que actualizarse para que reflejen su valor presente como muestra la tabla. A la suma de las cifras actualizadas se le agregará la inversión inicial de \$15.5 millones.

<i>FECHA</i>	<i>CANTIDAD PAGADA</i>	<i>Factor de VP</i>	<i>CIFRA AJUSTADA</i>
Mes uno	\$ 6,754,000	0.9803	\$ 6,620,946
Mes dos	6,754,000	0.9611	6,491,269
Mes tres	6,754,000	0.9423	6,364,294
Mes 13	\$ 7,767,100	0.7730	\$ 6,003,968
Mes 25	\$ 8,821,165	0.6095	\$ 5,376,796
Mes 26	8,821,165	0.5975	5,270,936
Mes 36	\$ 8,821,165	0.4902	\$ 4,324,135

La suma de las cantidades ajustadas de los gastos es \$205,579,294, a la que ha de sumársele \$15.5 millones de la inversión inicial, totalizando \$221,079,294.

Con esto podemos obtener la relación B/C para el vehículo reconstruido.

$$B/C = \frac{\$187,940,090}{\$221,079,294} = 0.85 < 1$$

De aquí se concluye que la primera opción es la mejor de ambas porque su B/C resultó mayor de uno, en tanto que la opción de la unidad reconstruida, al final de sus tres años de vida adicional, reportaría pérdidas. Luego, la adquisición de un vehículo nuevo es la mejor opción. (Todos los valores, excepto las suposiciones de los incrementos anuales, están tomados de un caso real).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

La fórmula anterior sirve para calcular los costos anuales de los capitales invertidos. Como es fácil observar, el valor de FRC depende de i , por lo que aun para un solo concepto de capital puede adoptar diferentes magnitudes. En la tabla precedente se incluyen datos de la vida útil y del correspondiente FRC de varios conceptos de inversión en transportes.

Problema 6.6.

Una empresa de nueva formación ha obtenido la concesión para explotar un servicio de transporte. Entre las inversiones que deberá hacer se le plantea la disyuntiva de construir sus propios talleres o arrendar unas instalaciones que sólo requieren de su equipamiento. El importe del nuevo taller representa una inversión de \$10 millones de pesos más \$2 millones adicionales del proyecto. Por otro lado, la renta anual del otro inmueble sería de \$1.8 millones.

En el problema se pide:

Obtener el costo anual del capital invertido.

Establecer la comparación de las dos opciones y recomendar una decisión.

Solución:

Para obtener el costo anual del capital invertido, se asume que la vida útil de los nuevos talleres es la de la vigencia de la concesión (20 años), y que el monto del proyecto deberá recuperarse en 5 años, por si se requiriera hacer adecuaciones después de ese lapso. Luego, aplicando la expresión del CRF a ambos conceptos, se tendrá:

$$\text{Para la obra: } \text{CRF} = \frac{0.2(1 + 0.2)^{20}}{(1 + 0.2)^{20} - 1} = 0.20536;$$

$$\text{Para el proyecto: } \text{CRF} = \frac{0.2(1 + 0.2)^5}{(1 + 0.2)^5 - 1} = 0.33438.$$

Luego entonces, el Costo Anual Equivalente de la inversión será:

$$\text{Por la obra: } \$10,000,000 \times 0.20536 = \$2,536,000 \text{ /año.}$$

$$\text{Por el proyecto: } \$2,000,000 \times 0.33438 = \$668,760$$

$$\text{Suma de ambos conceptos} = \$3,204,760 \text{ millones/año.}$$

Puede verse que este valor es superior al de la renta de \$1.80 millones del inmueble, así, resultará más económico arrendar el taller que construir uno nuevo.

Problema 6.7.

Para el mismo servicio se deberá calcular el costo anual de las instalaciones de terminales, las cuales cuestan \$2,300,000 y deben amortizarse en 10 años. La tasa de interés en este caso es de 30% anual. El valor deberá ser expresado en pagos iguales por mes.

Solución:

Aplicando la ecuación 6.6 con los nuevos datos tendremos:

$$\text{Costo anual: } \$2,300,000 \times \frac{0.3(1.3)^{10}}{(1.3)^{10} - 1} = \$2,300,000 \times 0.323 = \$743,000.$$

Luego entonces, el costo mensual será de $\$743,000/12 = \$61,917$.

6.7.3. Métodos para programar la reposición de equipo

En este apartado se da un breve repaso de un método simple para decidir sobre la sustitución de los vehículos de transporte. Se basa en la consideración de los costos alternos que se presentan como consecuencia de cambiar o no el equipo. Este procedimiento es bastante similar a los análisis efectuados antes para optar sobre la compra de una unidad nueva en contrapartida de someter a una reconstrucción a la actual, sólo que en esta ocasión la referencia es a conservar —por lo general un año más— el vehículo que ya se tiene. Para este propósito hay métodos reconocidos por el Instituto de Productos de Maquinaria y Conexos de los Estados Unidos de América (Machinery and Allied Products Institute —MAPI—).¹³

El método que se expone aquí toma en cuenta que los costos y los ingresos producto de la operación se ven afectados por la edad del parque vehicular. En particular aquellos que se refieren al mantenimiento —que se encarece con la edad—, los días reales trabajados —los cuales disminu-

¹³ Ver el apartado 5.7 (N del A).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

yen por las idas al taller— y el valor de rescate —que también disminuye por la pérdida de valor de vehículo al paso del tiempo—. ¹⁴

La forma de cálculo incluye todos los costos implicados en adquirir o no el nuevo equipo, así como los análisis de inversión y rendimiento consecuentes. En el Problema 6.8 que sirve como ejemplo se explica el procedimiento.

Problema 6.8.

A partir de los datos del Problema 6.5, se pide revisar la conveniencia de conservar un año más la unidad actual, antes de cambiarla por una nueva. A los datos aportados antes (p 210), se agregan los siguientes valores:

Período de comparación	- un año;
Precio de la unidad actual	- \$30 millones (a precios corrientes)
Mantenimiento adicional	- \$3.593/mes; (2.37 veces el normal).
Reducción de días trabajados	- 18 días/año (1.5 días/mes en promedio)

Solución:

En cuanto a los ingresos, la reducción de 18 días de labores en el año implica una omisión de \$4,500,000 anuales (500 pasajeros/día, por 18 días/año y por \$500/boleto). Referente a los costos se tiene lo siguiente: los \$5.932 millones al mes gastados en mantenimiento adicional significan \$43.1 millones más en el año. Por último, la reducción de \$3.0 millones en el posible valor de rescate de la unidad vieja (10% del precio inicial) es consecuente con la pérdida de valor en el año.

La sola explicación de no comprar el vehículo nuevo sería la de mantener invertida una cantidad disponible y que fuera a devengarse en ese año para la adquisición de una unidad nueva. Es decir, en una comparación bastante exigente admitamos que se tuvieran los \$65.0 millones requeridos para comprar el microbús nuevo y se les mantuviera durante el año de la opción ganando un interés tal que justificara los gastos adicionales del vehículo viejo. Siendo la tasa de oportunidad de 30%, esa inversión redituaría $\$65.0 \times 0.30 = \19.5 millones en el año.

¹⁴ El método se basa en el planteamiento del libro "Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones". A. Kaufmann. Capítulo 5: Desgaste, Reemplazo y Mantenimiento de Equipos. CECSA. 1967.

Por todo lo anterior, los efectos conjuntos de los ingresos, los costos y el producto de la inversión resultantes se pueden representar de la forma que se ilustra en seguida (todas las cifras ilustradas son en pesos corrientes del primer año):¹⁵

<u>Período = un año.</u>	
0	1
	↑ Reditúo de la inversión - \$ 19.50 millones ↓ Pérdida por valor - \$ 3.00 millones ↓ Pérdida por ingresos - \$ 4.50 millones ↓ Gasto de mantenimiento - \$ 43.10 millones ↓ Resultado (negativo) - (\$31.10 millones)

Para los fines del problema está es más que suficiente. Dado el signo negativo del rendimiento, causado por la reducción del ingreso y del valor de la unidad, más el aumento en los costos, no conviene aplazar un año más la sustitución.

6.8. Los créditos al transporte

En todos los planteamientos económicos que se han comentado ha estado siempre implícita la condición crediticia. Casi en todas las inversiones se requiere de financiamiento y esto a su vez implica algún tipo de crédito.

Los apoyos financieros al transporte no están suficientemente extendidos y muchas veces debido a omisiones o a prácticas inconvenientes de los propios transportistas. Se esperaría que al paso del tiempo, y en función de los resultados obtenidos a partir de enfoques substancialmente nuevos, se progrese más en ese sentido. Por lo pronto, la mayor parte de los créditos están sujetos a los requisitos usuales de la banca comercial.¹⁶

¹⁵ Aquí no procede actualización alguna de los valores implicados en la operación. La decisión se toma al principio del año de análisis y los resultados del cálculo se agrupan al final del mismo (*N del A*).

¹⁶ Los créditos para el transporte en México casi siempre han sido difíciles de conseguir. El hecho de que las concesiones sean otorgadas a los particulares como individuos los ha dificultado, por la necesidad de que el solicitante deba ser "sujeto de crédito" según las normas bancarias. Como al mismo tiempo se dan otras circunstancias desfavorables más: ausencia de cultura crediticia y falta de patrimonio inmobiliario, sólo en casos y épocas de excepción el crédito ha fluído sin tropiezos. A partir de 1989 la banca mexicana inició un agresivo programa de apoyo al transporte, orientado a la adquisición de equipos, y en el último trimestre de 1995 el gobierno de la Ciudad anunció la puesta en marcha de un programa de renovación del equipo de transporte obsoleto. Para ello la banca oficial aportaría el capital con créditos a baja tasa de interés, la cual se esperaba que se ubicara alrededor de 6.5% por encima de la tasa de los CETES a 28 días. —Los CETES, o sea los Certificados de la Tesorería de la Federación, son títulos de renta fija emitidos por el gobierno federal mexicano para financiar sus gastos— (*N del A*).

6.8.1. Fuentes alternas de financiamiento

Además de la banca, eventualmente pueden existir provisiones financieras con apoyo en fondos especiales. En algunos países se han manejado las inversiones con base en fondos formados mediante aportaciones tributarias privadas, destinadas exclusivamente al transporte de personas; esta es una fórmula que tiene indudables ventajas. Sin embargo, para conseguirlo es preciso adecuar las Leyes Hacendarias, para lograr que las recaudaciones vayan a un fondo creado para el propósito. Esta posibilidad ya ha sido comentada ocasionalmente por la propia banca que maneja los financiamientos del transporte.

Algunos otros instrumentos también han sido dados a conocer en forma propositiva por las instituciones financieras a los transportistas. Citemos el caso del *arrendamiento financiero* y el *autofinanciamiento*, útiles tanto para la compra de equipo como para la adquisición de infraestructura. Las dos opciones son prácticas y se han aplicado con éxito en muchas ocasiones. Pasemos a describirlas brevemente.

El *arrendamiento financiero* consiste en la obtención de algún bien (aquí interviene un financiamiento puente) por una o más personas interesadas las que, para la recuperación del capital, cobrarán una renta a un tercero por el usufructo, garantizándole el traslado de la propiedad al término del contrato. Como las disposiciones fiscales dan un trato especial a este tipo de gastos, el método ofrece buenas posibilidades al transportista.

El otro instrumento, el *autofinanciamiento*, es una fórmula bastante usada para la compra de autos privados; su empleo para la adquisición de equipo rodante no es más que una ampliación de su alcance original. Consiste en la formación de un grupo de personas interesadas, las cuales desde el inicio del compromiso empiezan a cubrir una cuota convenida de antemano, y así lo hacen hasta el término del plan. Los equipos, en este caso los vehículos, van siendo otorgados por sorteo o por algún otro proceso similar hasta agotar la cifra de unidades contratadas.

Finalmente, hablemos un poco del *concesionamiento* de la infraestructura del transporte. El concesionamiento carretero ha exhibido un auge notable en años recientes. Independientemente del futuro que pueda tener esa práctica, es bien notorio que cumple en buena parte con el objetivo

buscado: rescatar el rezago existente de carreteras de altas especificaciones sin cargo al erario nacional. Aunque no es un esquema fácil de aplicar en el ámbito urbano, es importante citar el recurso del concesionamiento de la infraestructura a los particulares como un medio de ampliar la inversión en vías de comunicación. La mayor dificultad que presenta su aplicación a las ciudades estriba en el método de cobro del peaje, lo cual no es sencillo de diseñar. A pesar de ello, parece indudable que con el concurso de los métodos de control electrónico, será viable pronto instrumentar algún método para restringir el acceso a ciertas vías concesionadas excepto a aquellos que cuenten con una ficha magnética, —como si fuera un boleto de Metro o una tarjeta de prepago del uso telefónico público— que pudiera ser exhibida en los accesos.

Parte de la infraestructura del transporte —paraderos y cobertizos, sobre todo—, puede ser financiada mediante explotación publicitaria o con el cobro de su empleo (pago de *derechos de piso*). Con respecto a la publicidad, dichas instalaciones, así como los costados de las unidades de transporte, admiten la colocación de imágenes publicitarias; tales espacios pueden ser alquilados a empresas u organismos que se interesen en explotarlos, aportándole recursos extra a los administradores del transporte.

CAPITULO 7

LOS COSTOS EN LOS TRANSPORTES.

7.1. Generalidades

El traslado de un punto a otro de personas, bienes o mensajes ocasiona gastos de mano de obra y de materiales que se originan unas veces directamente, en la esfera de actividad de los propios usuarios, y otras más en el ámbito de las empresas de transporte.

En el transporte de mercancías les corresponde a los usuarios preparar los productos que han de transportarse, arreglando su embalaje o poniéndolos en la disposición de soportar el transporte. Los gastos que se producen por ello son por lo general mucho menores que los que origina en sí el traslado de los productos. Por esto, es aceptable establecer como costos de transporte sólo los correspondientes al propio traslado de los objetos de uno a otro punto, pero no los de la preparación que pueden necesitar para realizarlo.

En el transporte de personas no hay exactamente un concepto que se asemeje a los costos de embalaje, aunque sí puede haber una equivalencia en cuanto a la preparación de las personas para transportarse. Es en tal aspecto que puede hablarse de los costos implicados en las previsiones que habrá que tomar para que los usuarios estén oportunamente en los lugares de abordaje a los medios. Como en el caso del transporte de bienes, estos costos corren por cuenta de los propios usuarios; no gravan a los transportes pero sí influyen en la demanda.

Luego entonces, bien puede generalizarse aduciendo que los costos debidos a la translación de objetos y de personas se pueden dividir en dos: i) el costo de translación propiamente dicho, aplicable a uno o varios medios de transporte, y ii) los costos de acondicionamiento y de transbordo.

Los *costos propios del transporte* corresponden a la suma de los gastos de la empresa de transporte, expresados en dinero y compuestos de diversas clases de costo, cuya subdivisión más aproximada de acuerdo con su origen puede verse en el cuadro siguiente.

I.- Servicio de los adeudos.

- 1.- Intereses del capital de instalación.
- 2.- Amortización del capital de instalación.

II.- Desvalorizaciones o depreciaciones.

- 1.- Desvalorizaciones totales.
- 2.- Desvalorizaciones especiales y reservas.

III.- Costos de publicidad y análogos.

IV.- Costos por prestaciones externas.

- 1.- Trabajos por contrato.
- 2.- Servicios de explotaciones ajenas.
- 3.- Cuotas sindicales.
- 4.- Seguros.
- 5.- Teléfonos, Correos, Telégrafos y Fax.

V.- Costos por servicios del Estado y de la Inspección.

- 1.- Impuestos y Contribuciones.
- 2.- Administración de justicia.
- 3.- Servicios de Inspección.

VI.- Costos del personal.

- 1.- Sueldos y salarios.
- 2.- Remuneraciones profesionales.
- 3.- Viáticos, representaciones y gastos diversos.
- 4.- Obligaciones sociales.

VII.- Costos de material.

- 1.- Combustibles.
- 2.- Lubricantes.
- 3.- Partes y refacciones.
- 4.- Gas y electricidad.
- 5.- Materias primas y material de construcción.
- 6.- Materiales diversos.

Quando una empresa de transporte tiene que soportar y cubrir todos estos gastos, se dice que trabaja con *costos totales*. Por el contrario, se dice que una empresa trabaja con *costos parciales* cuando sólo responde de una

parte de tales costos, mientras que de los restantes se hace cargo alguna otra entidad, en general de carácter público. Al hacer comparaciones entre los diversos medios de transporte y constatar su importancia en la economía general, sólo los gastos totales pueden dar una idea clara del costo real.

Las empresas de transporte deben tener un buen conocimiento de los diversos costos que se producen en sus distintos departamentos. Únicamente de ese modo se podrá vigilar y examinar detenidamente la necesidad económica de tales gastos a medida que surgen. Esto conducirá a la postre a una mejor distribución, entre los distintos departamentos o secciones, de los costos que correspondan a la administración general, a la operación, al mantenimiento, a la vía y obras, y a las estaciones y talleres.

En las empresas de transporte no es posible hacer una distinción tajante de los costos distribuyéndolos entre gastos generales y gastos de producción, tal y como es frecuente hacer en las empresas de tipo industrial. Esto se debe al carácter peculiar del trabajo realizado por los transportes, cuyo producto se mide en *viajes-persona/día*, *pas-km* o bien, en *ton-km*, y los cuales no suelen dar lugar a la generación de gastos unitarios de producción aislados. En los transportes, para obtener los costos unitarios correspondientes, se les debe estimar sobre el conjunto de las fases de la explotación.

La implantación de nuevos servicios de transporte requiere, además de la propia vía, contar con instalaciones técnicas tales como fuentes de tracción, vehículos y estaciones; debiéndose prever también la organización necesaria para utilizar tales instalaciones. A los costos para implantar las instalaciones se les denomina *costos de instalación*, y a los de la organización, operación y administración, se les llama *costos de explotación*.

La determinación de los costos de transportación tiene que estar precedida de la estipulación de la cuantía de los gastos para la instalación y la organización, relacionados con la amplitud y la modalidad de cada transporte. Con una cierta cantidad de instalaciones y equipo se pueden producir varios flujos de movimiento a distintos costos, y para lograr estimarlos es dado servirse del *presupuesto de construcción civil* —en el caso de que sea preciso llevarla a cabo—, y del *plan de explotación*, el cual fijará el tipo y el número necesario de vehículos, la composición del equipo, el personal de ruta, estaciones y terminales, así como el demás apoyo requerido.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Para poner en marcha una línea de transportes es necesario pues disponer de un capital de inversión, a fin de cubrir con él los gastos iniciales de instalación y los costos de operación durante un período dado —etapa de acreditamiento—. Asimismo, será necesario contar con fondos para solventar el pago eventual de las amortizaciones de capital e intereses, si para la inversión se hubiera hecho uso de algún financiamiento. El capital de instalación se subdivide en lo que corresponde a las instalaciones fijas, o sea las que están unidas de modo inseparable al terreno, —como son las estaciones y la vía—; y los equipos móviles, que comprenden los elementos de tracción y los vehículos, —del tipo que fueren: remolcables o independientes—. En tratándose de una línea de autobuses, por ejemplo, aunque a menudo se llegan a omitir algunas partidas, los costos debieran abarcar lo siguiente:

I. Capital de instalación.

1. Instalaciones fijas.

- a) Estaciones y terminales.
- b) Garajes y talleres.
- c) Oficinas.

2. Equipo rodante.

- d) Unidades de transporte.
- e) Vehículos de servicio.
- f) Unidades auxiliares (en su caso).

II. Capital inicial de operación.

- g) Gastos de operación (de un período convenido).
- h) Gastos generales (para un lapso adecuado).

Cuanto más grande sea la proporción del costo de las instalaciones fijas con respecto al costo de las instalaciones en su conjunto, tanto más ligado estará el modo de transporte a la zona elegida. Cuanto menor sea aquella parte, tanto más fácil será emplear dicho medio en otras zonas, mediante el traslado oportuno de las instalaciones móviles y del equipo rodante necesario.

Los capitales de instalación y de explotación de los medios de transporte constituyen la base para la instrumentación inicial del servicio. Luego,

durante la vida de la organización, aunque no se logre amortizar el capital total, como resulta corriente en los transportes, siempre será bueno intentar amortizar al menos una parte de las instalaciones. A la larga ello constituirá una reserva que sirva para conseguir la sustitución de las instalaciones cuando sufran desgaste o queden fuera de uso.

Cuadro 7.1. Proporción del costo de instalaciones fijas y móviles de algunos medios de transporte.

MEDIOS DE TRANSPORTE	INSTALACIONES FIJAS	EQUIPOS MOVILES
Ferrocarril urbano	85%	15%
Autobuses urbanos (Instalaciones menores)	20%	80%
Autobuses suburbanos (Instalac. mayores)	40%	60%

7.2. El modelo básico del costo de operación

El *costo de operación* de cualquier medio de transporte tiende a variar de conformidad con el número de unidades que precise el servicio, el kilometraje recorrido por cada una de ellas, el costo de uso de las estructuras fijas, etc. A menudo también se expresan en los costos de operación cifras relativas a los gastos de administración y de conservación, asociados a la operación misma, en forma de alguna función de vehículos-km o de trenes-km. Una expresión general que relaciona todos esos costos es la que aparece adelante, adaptada del libro de Meyer, Kain y Wolh.¹

$$CDT = \alpha NbU + \beta Lm + \gamma Vk + S \quad (\text{ecuación 7.1})$$

Donde:

CDT = Costo directo de transporte, para un cierto período de tiempo (lo más usual es tomar un mes).

Nb = Número de grupos básicos U de vehículos necesarios (autobuses o ramas de trenes, por ejemplo).

Lm = Kilometraje recorrido durante la unidad de tiempo (un mes) por cada grupo básico U.

Vk = Distancia en vehículos-km o en trenes-km recorridos.

¹ Meyer, Kain y Wolh. "The Urban Transportation Problem". Edit. Harvard University Press. 1966.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- S = Costo relativo de las estructuras fijas (para un período de tiempo unitario).
U = Número de vehículos unitarios que forman cada grupo básico (en donde U= 1 para autobuses y U > 1 en el caso de los convoyes).
 α = Costo de la unidad de tiempo de cada vehículo individual.
 β = Costo directo asignado por cada kilómetro recorrido por los vehículos unitarios (costos de operación por kilómetro).
 γ = Costo de infraestructura sobre la base del número de kilómetros de vías o de autopistas utilizado.

(El mencionado es uno de los tantos modelos de costo disponibles. El libro "El Transporte Colectivo en España" —Varios autores. Ediciones Ariel. 1972— incluye varios modelos de ese tipo en el capítulo que firman Emilio Díez y José Mancera. Se remite a ese documento a quienes deseen abundar en el tema).

Cuando se trata de un servicio de transporte ya instituido, el valor más fácil de estipular es el de Lm o sea, el kilometraje recorrido por cada grupo básico en una unidad de tiempo —por ejemplo, un mes—. En los servicios nuevos es necesario estimar la distancia media recorrida por cada vehículo incluido en el servicio en cada viaje redondo, así como el número de viajes que cada vehículo puede alcanzar a efectuar durante la hora punta y durante la jornada.

(La hora de punta —la HMD— representa una fracción determinable de la transportación diaria. Usualmente está comprendida entre 0.08 y 0.18).

Un mes típico tiene un cierto número de días hábiles —28 días normalmente, pero en sábados y domingos el movimiento tiene características muy distintas—, y en las áreas urbanas los vehículos de transporte recorren varias veces al día trayectos de longitud conocida. Luego, el total de kilómetros al mes recorridos por cada unidad puede estimarse aproximadamente en:

$$L_m = D_h \times N_v \times L_r \quad (\text{ecuación 7.2})$$

siendo:

- Lm = Recorrido medio mensual, en kilómetros.
Dh = Número de días hábiles en el mes típico.
Lr = Longitud de la vuelta en viaje redondo, en kilómetros.
Nv = Número de viajes redondos —vueltas— efectuados al día.

230

Cuando se proyecta un nuevo servicio, la distancia L_r recorrida en cada viaje redondo puede ser estimada en forma fija. Por ejemplo, la distancia de trayecto en viaje redondo de cada vehículo de una línea expresa (línea radial), en general puede suponerse como del doble de la distancia entre los puntos de partida y de destino, más medio kilómetro (*ver* el Capítulo 2. apartado 2.2.3. p 39).

En los servicios alimentadores o en las líneas colectoras, la estimación previa de la distancia es bastante más compleja; tal distancia depende del volumen de captación viable, de los recorridos a pie permisibles para el público, etc, que hacen que el trayecto teórico de diseño sea más sinuoso.

La parte esencial del análisis del costo de los transportes urbanos es la determinación del número de grupos básicos que es necesario utilizar durante las horas punta (el número de salidas que debe programarse para cubrir la demanda durante las horas de afluencia, o sea la frecuencia operativa F_o en la HMD).² Aunque ya se vio que no siempre conviene obtener la frecuencia operativa por medio de un cálculo directo, (*ver* el apartado 4.4.2) recordemos que, empíricamente hablando, una ecuación aceptada para dicho análisis es:

$$F_o = \frac{VP \text{ (HMD)}}{CU} \quad \text{(ecuación 2.6)}$$

En donde:

F_o = Frecuencia de operación.

VP = Volumen de demanda servido durante la HMD.

CU = Capacidad unitaria de cada vehículo, en número de pasajeros transportados como máximo.

Una vez que se establece el valor de F_o , el número N_b de grupos básicos necesarios se puede obtener muy fácilmente, siempre y cuando también se conozca el valor de N_v , es decir, el número de viajes redondos —el número de vueltas— que puede efectuar cada unidad móvil durante la hora de máxima demanda.

Para determinar N_v , la única información necesaria es cuánto tarda un grupo básico en completar un viaje redondo, o sea cuál es el valor de T_v .

² El número de vehículos que debe atender un recorrido se calcula a partir de los datos de la HMD (*ver* del A).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Para hacer esa determinación tenemos la expresión del tiempo de la vuelta (ver ecuación 2.6) que expresa:

$$T_v = t_g + t_a + t_d' + t_t \quad (\text{ecuación 2.6})$$

En donde, como ya se estableció (ver el apartado 2.2.3. incisos e, f y g. p 57):

- T_v = Tiempo total en minutos por viaje redondo.
- t_g = Tiempo global de viaje (descontando los tiempos de ascenso y descenso), también en minutos.
- t_a = Tiempo total empleado para el ascenso del pasaje.
- t_d' = Tiempo excedente correspondiente al descenso.
- t_t = Tiempo de giro y de estancia en las terminales.

Entonces, para estimar el número de viajes redondos que cada grupo básico puede efectuar en la HMD, y en consecuencia el número necesario de grupos básicos en el mismo lapso, se puede emplear la siguiente expresión:

$$N_b = \frac{60F_o}{N_v} \quad (\text{ecuación 7.3})$$

Aquí se tienen, además de los valores ya definidos antes:

- N_b = Número de grupos básicos requeridos en la HMD.
- N_v = Número de viajes redondos que puede realizar cada unidad móvil durante la HMD.

Todo esto se basa en un planteamiento determinístico para la definición de los parámetros que intervienen en los costos. Como ya se explicó anteriormente (Capítulo 2, apartado 2.4), la mayoría de estos valores presenta variaciones aleatorias durante la jornada y aun durante la HMD; las cuantificaciones determinísticas se hacen adoptando el valor promedio observado de cada parámetro.

Cuando se trata de estimar con una mayor precisión las cifras reales, se puede hacer uso de los métodos de simulación que ya fueron explicados antes. Sin embargo, para los análisis de costos, a menudo es práctico

adoptar los valores medios —ya conocidos— de los parámetros de la operación, y aplicarlos a expresiones como las anotadas arriba.

En el costo de las estructuras S se incluyen invariablemente dos componentes específicos: los costos del derecho de vía y los costos de las instalaciones fijas. Puesto que el monto de las estructuras usualmente implica la necesidad de inversiones a largo plazo, para conseguir evaluarlas los costos deberán transformarse para tomar en cuenta ese hecho; esto se logra aplicando las técnicas del Valor Presente Neto (VPN) como se explicó en el Capítulo 6, o bien, multiplicando el capital implicado por un determinado factor, conocido como "Factor de Recuperación del Capital" o FRC —CRF, Capital Recovery Factor en la terminología inglesa— (ver la ecuación 6.6 en el capítulo 6).

Toda referencia que se haga en páginas siguientes del costo anual, aludirá al VPN del capital, o al mismo multiplicado por el correspondiente FRC.

(La tasa de oportunidad de los ejemplos se ha tomado con montos diversos con el único objeto de que se cumplan los fines ilustrativos de los casos expuestos).

Otra categoría importante de los costos está asociada con la provisión de las estaciones de paso y las terminales de los medios que, en general, se agrupan dentro del valor de S . El costo de una terminal depende en gran medida del número de pasajeros o de vehículos que llegan por la línea principal, durante la hora punta o en cualquier otro período de tiempo que se quiera estudiar. Luego entonces, el costo de una terminal resulta conveniente sustentarlo en función de la frecuencia F_0 , puesto que el número de viajes redondos necesarios en la hora punta es también el número de llegadas que se presenta en ese lapso en la estación que se estudia.

Esa relación del costo es muy importante. En efecto, el número de unidades básicas que deben tomar salida o tienen llegada a una terminal, normará la cantidad y longitud de los andenes de embarque de una estación ferroviaria (o del Metro urbano) o el número de plataformas de ascenso y descenso de pasajeros a los autobuses. Dado que de un mismo andén de salida pueden partir varios servicios con distinta frecuencia, el dimensionamiento de los andenes requiere de un tratamiento especializado que tome en cuenta distintos tiempos de permanencia y diferente ritmo de llegada. En buena medida se trata de un problema de *colas de espera* que se comenta en el Capítulo 4.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

(Como un dato práctico, una plataforma de ascenso para autobuses puede servir para 10 vehículos/hora —ascenso o descenso—, con un tiempo de acomodo y abordaje de 6 min/veh).

La expresión completa para el costo de las estructuras es pues la siguiente:

$$S = S_v + S_c + S_t \quad (\text{ecuación 7.6})$$

En donde:

- S = Costo del total de las estructuras;
- S_v = Costo debido al derecho de vía;
- S_c = Costo de construcción de la vía propiamente dicha y,
- S_t = Costo de las estaciones y terminales.

Para obtener una base segura y clara en la determinación de los costos, se recomienda llevar al cabo investigaciones que permitan relacionarlos con los rendimientos del transporte ofrecido —en viajes-persona/día, plazas-km/día o ton-km/mes—, de modo que el costo correspondiente al movimiento realmente ejecutado, pueda fijarse con el auténtico grado de utilización: —el índice de renovación en los transportes de pasajeros—. Si el costo de una plaza-km ofrecida equivale a 1.0, para un grado de utilización de 50% de la capacidad de los vehículos, el costo real por plaza-km empleada ascenderá a 2.0 si los gastos deben cubrirse por los ingresos ($1.0/0.5 = 2.0$). Esto reviste una gran importancia en aquellos servicios en que no se logra acumular suficiente carga útil debido a una programación de salidas desajustada de la realidad.

En el rendimiento del transporte es muy importante considerar el nivel de utilización con carga remuneradora, especialmente al hacer las comparaciones entre diversos medios de transporte. Como antes se ha dicho, tal nivel de utilización llega a ser muy variable.

Tomando en cuenta la gran importancia que tiene para toda la sociedad que se recargue lo menos posible la economía por los costos del transporte, resulta un problema vivo y permanente la disminución de los gastos de explotación. Un procedimiento para conseguir la solución más favorable posible estriba en la aplicación de los métodos de planeación económica.

Otro detalle que hay que tomar en cuenta a la hora de definir los costos específicos de un servicio de transporte, consiste en la variabilidad que pueden presentar dichos costos durante las sucesivas repeticiones de los

movimientos rutinarios de la operación. Su causa son las singularidades que pueden aparecer en el transcurso de la jornada. Esto es especialmente crítico en el transporte urbano de personas donde, a pesar de que el servicio puede parecer igual de una vuelta a otra, o de una a otra jornada, suelen presentarse irregularidades que inducen fuertes variaciones en los tiempos de trayecto y en las cargas de los vehículos, que a su vez producen costos de operación que también son muy variables. La única forma de enfocar todo esto es mediante el empleo de métodos que permitan al analista reproducir muchas veces las situaciones por las que atraviesa cotidianamente el servicio.

7.3. Los costos de la operación

Probablemente ningún otro aspecto de la organización de los transportes, en especial los urbanos, ha sido tratado tan a menudo, pero a la vez examinado tan pobremente como el costo de los recursos y suministros necesarios para proporcionar un servicio.

En general, y dentro de ciertos rangos de aproximación, se ha podido calcular el costo real de transporte de determinados medios ya instituidos, apoyándolo en el cálculo periódico de los costos desde el punto de vista contable. Así pues, veamos cómo estaría constituido un costo global a partir de sus constituyentes.

7.3.1. Costo directo de operación — CDO —

Independientemente de la forma específica de agruparlos según los fines perseguidos, los costos directos de operación del transporte son aquellos que están asociados estrechamente a la explotación; su conformación general está indicada en la ecuación 7.1 anterior. En ella se destacan dos tipos de valores:

- Aquellos ligados con el proceso operativo mismo, y en cuya definición interviene algún cálculo destinado a definir el esquema de la oferta (tales análisis están incluidos en el Capítulo 2);
- aquellos otros valores que constituyen en sí costos básicos asociados a los vehículos o a la infraestructura.

Entre los primeros están U , N_b , L_m y V_k , según se indica en las definiciones de la ecuación 7.1, anterior. Y entre los que restan están α , β , γ y S , también definidos antes. En el Capítulo 2 se estudiaron los primeros; en éste nuestro análisis se abocará en particular a los segundos, de modo de poder establecer con algunos ejemplos las cifras de dichos CDO.

7.3.1.1. Costo por grupo básico o vehículo unitario

Este es el valor que debe considerarse de α (alfa), para cada N_b . (ver el significado en la ecuación 7.1.). El costo de cada grupo básico, o del vehículo unitario, está conformado de los siguientes conceptos:

- Costo de adquisición, a su vez dividido en costo inmediato y costo diferido (enganche y crédito);
- costos asociados al propio vehículo: seguro, concesión, placas, etc
- valor de rescate (tomado como un costo negativo, recuperable al cabo de la vida útil).

7.3.1.2. Costo directo por kilómetro

Esto es, β (beta) para cada kilómetro de recorrido, que representa el costo del desplazamiento de los vehículos. Aquí se está hablando justamente del costo de la operación. Este cálculo suele modificarse según la modalidad que quiera adoptar el organismo operador, pudiendo estimarse por mes de operación o por unidad transportada (vehículo/mes, viajes-persona/día, plaza-km o ton-km).

Su configuración debe incluir:

- combustible o cualquier tipo de energía;
- lubricantes;
- llantas;
- mantenimiento (menor y mayor);
- reparaciones;
- personal operativo (chofer y personal de ruta).

7.3.1.3. Costo de uso de la infraestructura

Este concepto, denominado γ (gama) en la expresión del costo total, es privativo de los transportes que operan en plataforma propia e independiente (Metro o tranvías) y está constituido por las erogaciones asociadas a la conservación de esa infraestructura en particular. Como lo sugiere la explicación, se trata del costo que origina conservar en condiciones de uso la infraestructura propia del medio (vías, catenaria, pavimentos en carriles exclusivos para autobuses, dispositivos de control, señales, etc).

7.3.1.4. Costo de las instalaciones fijas

Es muy semejante al anterior y muchas veces pueden llegar a confundirse; por ejemplo, en los casos de las estaciones o los talleres. Se diferencian sólo por el tamaño y la vida útil de la infraestructura involucrada. Se acostumbra incluir en ellos:

- Terminales y estaciones;
- Talleres y garajes;
- Puestos de rectificación eléctrica (PRs);
- Túneles o estructuras propias.

En estos conceptos suelen aparecer distorsiones en la cuantificación de los costos directos. Por ejemplo, los autobuses usan la vía pública para transitar, lo que les condona ese costo; esto no sucede con el Metro, cuyas vías son exclusivas y deben —o al menos debieran— ser incluidas en la valoración del costo directo.

Esta importante cantidad de conceptos puede ser mejor entendida mediante un ejemplo de aplicación. Para ello se escogió un caso sencillo el cual, aunque no cubre todos los temas, permitirá el empleo de cifras reales. Ahora bien, para evitar repeticiones en los datos, en lugar de enumerarlos todos desde el inicio, se irán proporcionando a medida de su utilización.

Problema 7.1.

Determinar el costo total de operación de un servicio de autobuses cuyo esquema de trabajo es el siguiente:

- Fo = 8 veh/hora [i = 7.5 min].
- Nv = 6 vueltas/día.
- U = 1 (por tratarse de autobuses).
- Nb = 20 vehículos totales.
- Lr = 30.0 kilómetros por vuelta (2 x 15.0 km).

De donde:

- Lm = 4,680 km/mes (30.0 km x 6 vueltas/día x 26 días).
- Vk = distancia recorrida sobre la infraestructura (sin importe por tratarse de autobuses)

La concesión cubre 10 años y los costos están calculados en pesos mexicanos de 1996.

Solución:

Empezaremos por calcular los valores paramétricos α , β y γ .

Cálculo de α : amortización mensual de la unidad.-

Los vehículos son autobuses de 70 pasajeros con un precio de 400 mil pesos. Pueden adquirirse con 15% de enganche, más un crédito a 60 meses con una tasa de interés de 40% anual. Tienen una vida útil de 5 años y al cabo de ellos conservan un valor de rescate de 80 mil pesos.

Inversión inmediata por concepto de enganche de un vehículo:

$$\text{Enganche} = 0.15 \times \$400,000 = \$60,000.$$

Para incluir esta cantidad en el costo de operación se le debe repartir a lo largo de un plazo conveniente. Digamos, a todo lo largo del periodo de la vida útil de la unidad (5 años), en este caso el monto mensual del enganche puede ser calculado como si se tratara de la amortización de un préstamo a una tasa de interés de 40%. Para el efecto puede emplearse la ecuación 6.3 que se reproduce en seguida.

$$P = C \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (\text{ecuación 6.3})$$

Y en donde:

- P = pago mensual en pesos corrientes (valor del dinero en la fecha del pago).
 C = capital que debe amortizarse (importe del préstamo).
 i = tasa bancaria de interés.
 n = plazo del crédito.

El resultado de la aplicación al monto del enganche arroja el pago de: \$ 2,325 mensuales.³

Otra de las inversiones que se amortizarán a largo plazo es el pago de concesiones, licencias y otros derechos. En el caso presente dichas cantidades se asume que suman \$453 anuales y se amortizan bajo las mismas características de crédito, importan \$ 46 mensuales.

Con respecto a las inversiones diferidas, el monto del crédito es de \$400,000 - \$60,000 = \$340,000. Con un crédito a 60 meses, afectado de un interés de 40% anual, el importe de cada documento estará dado por la misma expresión anterior y vale: \$ 13,176/mes

Así, con base en lo anterior, la suma de la inversión inmediata vale:

$$\alpha = \$ 2,325 + \$ 46 + \$ 13,176 = \$ 15,547/\text{mes.}$$

Cálculo de β : costo directo por kilómetro.

El cálculo de β conlleva la obtención de los gastos de la operación. En seguida se incluyen sus componentes expresados globalmente (ver el Cuadro 7.2, p 220); en un apartado posterior se indica la manera de tratarlos de forma individual. En ciertos casos dichas cifras son de aplicación directa, en otros, son previsiones de capital para asignaciones futuras.

Para estimar el valor de β , hay que dividir los GDO, (gastos directos de operación) entre el kilometraje mensual, el cual se estima en 7,612 km. Luego entonces:

$$\beta = \frac{\$9,384.73}{4,680} = \$ 2.005/\text{km.}$$

³ A eso se llega aplicando la ecuación 6.3 a los datos (N del A).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Cálculo de γ costo por el uso de la infraestructura.

El valor de γ se aplica en función del número de kilómetros de vía utilizados en la explotación. El caso de los servicios que operan en la vía pública no hay un gravamen específico (o bien se considera que está incluido en el pago de la concesión, la tenencia y el costo de las placas). Luego entonces, en el caso de este ejemplo, γ vale cero.

Cuadro 7. 2. Conceptos implicados en los costos propios de la operación

CONCEPTOS	MONTO MENSUAL
<i>Insumos.</i>	
Combustible	\$ 2,152.80
Lubricantes	421.20
Llantas	889.20
Suma de insumos:	\$ 3,463.20
<i>Atención cotidiana.</i>	
Servicios	\$ 220.00
Lavado y limpieza	45.00
Suma de la atención cotidiana	\$ 265.00
<i>Personal de operación.</i>	
Salario de operadores	\$ 2,929.60
Personal de ruta	117.18
Administración directa	415.17
Suma de personal de operación:	\$ 3,461.95
<i>Mantenimiento menor.</i>	
Frenos	\$ 157.06
Carrocería	349.00
Sistema eléctrico	145.43
Dirección	69.63
Suma del mantenimiento menor:	\$ 721.12
<i>Mantenimiento mayor.</i>	
Tren de potencia	\$ 447.92
Motor	1,025.54
Bastidor (chasis)	
Suma del mantenimiento mayor:	\$ 1,473.46
<i>Suma de los GDO</i>	\$ 9,384.73

Por último, el valor de S o sea, el monto con el que gravan los costos de operación las instalaciones fijas. A tal respecto, debe anotarse que en el caso de los autobuses las instalaciones fijas están constituidas por el señalamiento y los cobertizos de protección en paradas, la construcción de andenes, encierros y edificaciones para el control en las terminales. El importe de tales conceptos se maneja usualmente como un lote, y debe prorratearse entre las unidades operando.

Otra fórmula que se ha llegado a emplear consiste en entregar en concesión el señalamiento y la erección de los cobertizos, para fines publicitarios, con lo cual su costo no gravita en el servicio. Entonces, tomando los datos de la misma fuente anterior, S vale \$48,545.16/veh, amortizable en el plazo del concesionamiento. Tratando la inversión como en los casos precedentes (ver el cálculo de α , anterior) el monto mensual por vehículo por el uso de las edificaciones sería \$1,650.44.

Con la ecuación general del costo operativo procederemos a calcular dicho costo. Así, retomando la expresión:

$$CDO = \alpha NbU + \beta Lm + \gamma Vk + S \quad (\text{ecuación 7.1})$$

y sustituyendo valores resulta, por autobús y por mes:

$$CDO = \$15,546.00 + \$9,383.40 + 0 + \$1,650.44 =$$

$$CDO = \$35,963.24 \text{ autobús/mes.}$$

Con estos resultados es posible construir una tabla que indique el valor porcentual de cada componente de costo. Tal cuadro puede aprovecharse para estimar el efecto de alguna modificación parcial de los costos (un mayor precio del combustible, por ejemplo). El cuadro 7.3 de la siguiente página fue calculado así. Vale aclarar que un cuadro semejante sólo es aplicable para el caso analizado.⁴

7.3.2. Costos indirectos de operación

Los costos indirectos de la operación son los que aun estando asociados en forma directa al proceso operativo, en general son aplicados a la administración de y en la ruta. De entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

- 1) Personal administrativo en ruta.
- 2) Personal administrativo de talleres.

⁴ Fuente: Datos tomados del Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de la Ciudad de Puebla. 1994.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

7.3.2.1. Personal en ruta

Se refiere al personal diversificado adscrito al servicio directamente sobre la ruta. No se incluye ahí aquel personal encargado de manejos administrativos centralizados o correspondientes a toda la organización. Su número es escaso por necesidad —no hace falta tanto personal, ni es bueno que haya mucho, por razones económicas—. Se incluyen aquí a los gestores, los mensajeros, los receptores de cuenta; tomadores de datos estadísticos, y todos aquellos que, dado el caso, se hayan asignado a un servicio específico.

Tabla 7.3. Valores proporcionales típicos de los costos de operación

CONCEPTOS	MONTO MENSUAL	% del área	% del total
<i>Insumos.</i>			
Combustible	\$ 2,152.80	62.1	23.0
Lubricantes	421.20	12.2	4.4
Llantas	889.20	25.7	9.5
Suma de insumos:	\$ 3,463.20	100.0	36.9
<i>Atención cotidiana.</i>			
Servicios	\$ 220.00	83.0	2.0
Lavado y limpieza	45.00	17.0	0.8
Suma de la atención cotidiana	\$ 265.00	100.0	2.8
<i>Personal de operación.</i>			
Salario de operadores	\$ 2,929.60	84.6	31.2
Personal de ruta	117.18	3.4	1.3
Administración directa	415.17	12.0	4.4
Suma de personal de operación:	\$ 3,461.95	100.0	36.9
<i>Mantenimiento menor.</i>			
Frenos	\$ 157.06	21.8	1.7
Carrocería	349.00	48.4	3.7
Sistema eléctrico	145.43	20.2	1.6
Dirección	69.63	9.6	0.7
Suma del mantenimiento menor:	\$ 721.12	100.0	7.7
<i>Mantenimiento mayor.</i>			
Tren de potencia	\$ 447.92	30.4	4.7
Motor	1,025.54	69.6	10.9
Bastidor (chasis)			
Suma del mantenimiento mayor:	\$ 1,473.46	100.0	15.6
Suma de los GDO	\$ 9,384.73	100.0	

La justificación del personal mencionado no es totalmente obvia. A muchas personas les parece una encomienda —y asimismo un gasto— superfluo. Sin embargo, cuando se maneja un servicio de cierta importancia, deja de parecer prescindible y se convierte en indispensable. En algunas ocasiones, sobre todo cuando este personal es mínimo, para no complicar el análisis se le incluye en el cálculo del costo directo (en el Problema 7.1 se siguió ese método).

7.3.2.2. Personal administrativo de talleres

El servicio administrativo de los talleres siempre está justificado. Inclusive, si el taller fuera grande, la cantidad de personas pudiera llegar a ser importante. Comprende este personal al propio administrador del taller —el responsable—, además del personal contable, el encargado de las compras, los almacenistas, la intendencia, la vigilancia, y a menudo hasta un supervisor que avale los requerimientos y las solicitudes de atención de los vehículos.

7.4. Los costos administrativos

Los costos administrativos del transporte son como los de otra empresa cualquiera. Comprenden en sí tres tipos de gastos:

- Personal directivo,
- Personal del área administrativa y
- Gastos diversos.

Son característicos de los dos primeros casos los sueldos y las aportaciones, retenciones y prestaciones de Ley. Entre ellas están, sujetas a variaciones de un país a otro, las siguientes:

Impuesto sobre percepciones, de la vivienda y sobre las nóminas (en México, D.F. este impuesto es del 2% y en Francia —en las empresas con más de 9 empleados— de 1.8%).

Retenciones del ISR, de la Seguridad Social y del ámbito sindical;

Prestaciones sobre vacaciones, aguinaldos y gratificaciones,
Fondo de ahorro para el retiro y otras prestaciones.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En cuanto a los gastos diversos, estos pueden clasificarse de muchas maneras. La lista que se incluye a continuación se da sólo como una guía y puede variar de una organización a otra.

Servicios bancarios,
Papelería y artículos de escritorio,
Gastos de proceso y análisis,
Intendencia y vigilancia,
Luz, Teléfonos, Fax, etc,
Correos y Telégrafos.

La cuantificación de estos costos suele hacerse por mes, para mantener la coherencia en el análisis y para la configuración oportuna de los flujos de caja. El resultado obtenido deberá prorratearse entre el total de vehículos que habrán de operar, de modo de poder conformar los costos totales.

Problema 7.2.

Obtener la suma total de los costos del Problema 7.1. Para no excederse en el detalle de los planteamientos del ejemplo, proporcionaremos simplemente el monto de los costos indirectos, en pesos por autobús y por mes. El valor anotado se extrajo de la misma fuente donde se obtuvieron los datos operativos. (datos de 1994).

Solución:

Si se le denomina CIO al Costo Indirecto de la Operación y CTT a la suma total de los costos, tendremos:

CIO - \$ 649.70 autobús/mes.

y asimismo: CDO - \$ 35,963.24

luego entonces:

$CTT = CDO + CIO$ (ecuación 7.8)

o sea:

$CTT = \$ 35,963.24 + \$ 649.70 = \$ 36,657.94$ autobús/mes.

Problema 7.3.

Obtener el impacto, en valor porcentual sobre los costos totales, de un aumento de 20% en el precio de combustibles y lubricantes, partiendo de los datos de la Tabla 7.3.

Solución:

Según los datos de la Tabla 7.3 los combustibles y los lubricantes representan el 27.4% del costo de operación y el 7.02% del costo total CTT —recordemos que de $CTT = CDO + CIO$ se obtuvo $CTT = \$ 36,657.94/\text{veh}/\text{mes}$ —. Un aumento del 20% en el precio de combustibles y lubricantes significaría un incremento de sólo 1.40% en los costos totales. Esto se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Incremento del costo total} = 0.20 \times 0.0702 = 0.014, \text{ o sea: } (1.4\%).$$

7.5. Costos fijos, variables y marginales

Hasta el momento el análisis de los costos se ha manejado como si todos los componentes tuvieran igual comportamiento con respecto al volumen de la oferta de servicio. Esto no es así, hay costos cuya magnitud varía de acuerdo con el número de unidades en operación (por ejemplo, el costo directo de la operación); otros que prácticamente no cambian en ese sentido, y otros más que lo hacen de manera circunstancial (el costo administrativo es un ejemplo del segundo tipo y los costos implicados en los servicios emergentes lo son del tercero).

Esto no quiere decir que los análisis precedentes carezcan de significación. En la generalidad de los casos esa manera de encarar un análisis es suficiente, pero cuando hay variantes operativas que se apartan de la forma tradicional, es preciso establecer los cambios metodológicos oportunos. Veamos pues cómo puede darse un enfoque distinto al problema y cuáles serían las razones que lo justificaran.

Empecemos por esto último: bajo qué condiciones será menester modificar los procedimientos.

Supóngase el caso de una organización que manejara al mismo tiempo un servicio urbano y otro suburbano; o uno ordinario y otro esporádico;

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

o uno normal y otro de alta especificación, —microbuses y autobuses de lujo, por ejemplo—. En tales casos los costos no pueden manejarse del mismo modo. En cada uno de los ejemplos hay un tipo de servicio cuyos costos no dependen de la distancia recorrida por los vehículos —o es posible que dependan menos—, y en el otro hay costos que sí están afectados por la distancia. Esto nos lleva a establecer una nueva clasificación de los costos según su variabilidad. Así visto, los podemos clasificar en:

- a) Costos fijos,
- b) costos variables (hay también costos semivARIABLES), y
- c) costos marginales.

Por definición, son costos fijos aquellos cuya magnitud no cambia en función de la distancia recorrida o con el carácter del servicio. Están expresados en unidades que son independientes de la medida del recorrido; por ejemplo: costo del viaje-persona/día, costo por vehículo en operación, etc. Para cuantificarlos sería preciso asumir los conceptos del costo, ya clasificados en operación y administración o en directos e indirectos, reagrupándolos según su facultad de sufrir o no cambios con la distancia recorrida. Son costos de tipo fijo los que siguen:

- El costo inicial de instalación,
- el costo de la adquisición del equipo,
- los costos administrativos en general,
- la limpieza y guarda de unidades, etc.

Complementariamente, son costos variables aquellos otros cuya magnitud llega a verse modificada en función de la distancia recorrida. Como ejemplo de ellos tenemos:

- El costo por consumo de combustible. Este consumo cambia si el servicio es urbano o en carretera, o si tiene muchas o pocas paradas, o si la unidad está trabajando o no.
- El costo del mantenimiento, el cual se efectúa por lo común en función de los kilómetros trabajados o de la calidad del servicio.
- Los pagos de derechos de andén o peajes, etc.

Los costos semivARIABLES son aquellos que pueden o no sufrir la influencia de la distancia. Como puede suponerse, llegan a ser sujetos de interpretación no siempre afortunada, por lo que a menudo se omiten. Los costos del personal de operación, cuando el horario de trabajo queda afectado por la distancia, es uno de los casos más frecuentes.

Por último, los costos marginales aluden a las erogaciones cuya fluctuación, sin depender específicamente de la longitud del viaje, surge circunstancialmente del servicio. Los costos derivados de las medidas de emergencia, o aquellos otros orillados por afluencias extraordinarias de pasaje, suelen catalogarse como tales. En estos casos el costo de la puesta en operación de una unidad adicional no llega a ser comparable al de una unidad en servicio normal.

Es fácil suponer que el grado de complejidad que se requiere para este tipo de análisis, muchas veces no es compensado por los resultados obtenidos. En la mayor parte de los casos los cálculos expuestos antes resultan suficientes.

CAPITULO 8

LAS TARIFAS DEL TRANSPORTE

8.1. Generalidades

La determinación de las tarifas es una de las cuestiones más delicadas de la operación de los transportes porque influye directamente sobre la vida social, económica y política de la comunidad. Tarifas demasiado elevadas provocan impopularidad de los transportes públicos y recrudecimiento de la tendencia al uso del transporte privado, con el aumento consecuente en el costo de la vida y de los congestionamientos de tránsito. Por el contrario, las tarifas demasiado bajas producen déficits importantes en las empresas prestadoras del servicio, creándose la necesidad de aplicar subsidios gubernamentales que gravan los presupuestos públicos.

En otro sentido, las aplicaciones estratégicas de las tarifas pueden orillar a una serie de desplazamientos de la población de ciertos barrios hacia otros o bien, de uno a otro medio de transporte. Es por esto, además de otras razones de índole política que, salvo en raras excepciones, en general los poderes públicos conservan el control absoluto de las tarifas. Se parte del principio de que la autoridad debe equilibrar los costos totales de la transportación.

Las tarifas de los transportes de pasajeros han sido objeto de numerosos estudios teóricos. A continuación se expone una serie de conceptos de carácter general que permitirán conocer algunos de los planteamientos adoptados.

8.2. Clase única y clase múltiple

La mayoría de los medios de transporte del mundo operan en la actualidad con *clase única*, salvo, en cierta medida, en las líneas aéreas, en los ferrocarriles y en servicios terrestres de largo recorrido. Sin embargo, existen numerosos casos en que la explotación urbana con clases múltiples subsiste todavía.¹

¹ En el Metro de Paris hubo 1a. y 2a. clases hasta hace muy poco tiempo (*N del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Las tarifas múltiples a menudo causan complicaciones en la explotación que apenas si pueden quedar compensadas por los incrementos en el ingreso bruto. En principio, una clase superior a la clase única o normal no se justifica más que con dos condiciones:

- a) El viajero de tal clase debe recibir un beneficio por el suplemento de pago, en general confort.
- b) El usuario de la clase normal no deberá ser afectado por el hecho de existir esa clase superior. Será preciso entonces que la diferencia entre ambas clases no resulte demasiado grande para no afectar el ánimo del público o los índices de ocupación.

Las complicaciones que introducen en la operación las clases múltiples en los autobuses, microbuses y trolebuses han hecho abandonarlas casi en forma universal. Sin embargo, pudiera darse el caso de que, por razones estratégicas, se favoreciera una clase de transporte superior a la convencional. En este caso, conviene que quede perfectamente delimitado uno y otro servicio con algún tipo distinto de vehículo o con trayectos francamente diferentes.

8.3. Tarifa única y tarifa múltiple

Este otro concepto se refiere a la manera de aplicar el importe, o sea, el monto convenido de cobro del traslado a los usuarios. Aunque es usual reconocerlo con el nombre de "tarifa", este término tiene connotaciones más complejas, por lo que es conveniente advertir el alcance que aquí se le da.

8.3.1. Tarifa única

La modalidad de *tarifa única* es empleada por muchas empresas de transporte público urbano. En todos los países es una fórmula casi general que se concreta en la expresión "*one city, one fare*" —libremente traducido como: "para cada ciudad, una tarifa"—

La tarifa única reporta muchas y variadas ventajas, entre ellas:

- 1) Para quienes transportan: en todo lo que atañe a la percepción del precio de las plazas y el control de los viajeros, ya que no hay necesidad de

vigilar el pago más que una sola vez. Es así como se ha podido generalizar la operación con un sólo hombre por vehículo y el empleo de una puerta de acceso y otra de salida sin necesidad de vigilancia adicional.

Con esa misma fórmula los ferrocarriles metropolitanos o Metros han podido proyectar accesos y canalizaciones en sus estaciones, incluyendo torniquetes automáticos de entrada que funcionan con piezas especiales o mediante boletos magnéticos.

(Los torniquetes permiten el paso de 50 pasajeros por minuto, es decir, tienen una capacidad 2 veces superior al control convencional de verificación o de perforación de boletos. Además una sola persona puede controlar fácilmente hasta 20 torniquetes a la vez).

- 2) Para la municipalidad: ya que la tarifa única redundante en una tendencia a la diseminación no sesgada de los domicilios —puesto que se paga lo mismo por un recorrido corto que por uno largo—. Sin embargo, la tarifa única tiene varias limitaciones: cuando las rutas se extienden a demasiada distancia, los precios deberán sufrir incrementos proporcionales sobre los recorridos más alejados de cierto límite, para no alterar las condiciones que sirvieron de base económica para la definición de la tarifa.

La tarifa única es la indicada para todo sistema redundante y ramificado, como son los Metros, cuyas ramificaciones no se extienden más allá de ciertos límites muy precisos y en los que los gastos de operación no varían en proporción directa con los recorridos de los pasajeros. En las restantes aplicaciones, y a pesar de su uso frecuente, la tarifa única es menos recomendable.

8.3.2. Tarifa múltiple

Pueden existir modalidades muy diversas de tarifas múltiples. Entre las más usuales se pueden distinguir las que siguen:

- 1) *Tarifas diferenciales.* Constituyen una variante cercana de la tarifa única. En ella se asignan precios diferentes para recorridos de 3, 4 ó mas intervalos. Este sistema es muy empleado en la actualidad aunque resuelve sólo parcialmente el problema de la tarifa sobrevaluada a causa de los grandes recorridos. Sin embargo, a pesar de su relativa ventaja la venta de boletos se complica y el control a la entrada y a la salida resulta casi obligado, presentándose no obstante numerosos fraudes.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En el transporte de superficie este sistema ha dado buenos resultados al manejarlo sobre dos rangos de recorrido. En cambio, en los ferrocarriles metropolitanos su empleo no resulta práctico por razón de las diferentes técnicas de control.

- 2) *Tarifas por secciones.* Se emplean por lo general en los transportes de superficie, donde se asignan a cada sección longitudes que varían entre 3 y 5 kilómetros, dependiendo del tiempo empleado en transitarlas. Esta tarifa tiene la ventaja de ser más flexible que la tarifa única, pudiendo combinarse dos variables: la longitud de la sección y el precio unitario. De esta manera se resuelven los problemas normales que pudieran presentarse tanto en el control del cobro como en la distancia personal de desplazamiento.

Existen, sin embargo, dos inconvenientes: si las secciones son demasiado cortas, la percepción de las variaciones es difícil; y si son demasiado largas, se penaliza injustamente a los viajeros cuyos lugares de destino quedan vecinos a los límites de una sección.

Generalmente las secciones cortas son preferibles, sobre todo en los trayectos urbanos de los vehículos de superficie con alto índice de renovación, con tal que se consiga llevar un buen control del pago con relación al recorrido servido en cada caso dado.

Por otro lado, es posible favorecer en cierta medida a los usuarios más alejados, estipulando alargamientos con igual precio en algunos tramos de la periferia.

- 3) *Tarifas por zonas.* En este sistema toda la superficie de la aglomeración se divide en zonas, —concéntricas o no—, y la tarifa aumenta automáticamente cierta fracción en cada límite de zona.

Estas tarifas tienen la gran ventaja de resultar bastante claras para el usuario ocasional, y son bien aceptadas en las relaciones interurbanas de gran distancia. El sistema ha sido empleado normalmente en muy diversos países en las rutas interurbanas, conectando aglomeraciones con tarifas únicas. En el interior de las ciudades tal tipo de tarifa suele ser demasiado rígido; provoca congestionamientos en la región central y sobrecargas las paradas que se localizan en los límites de las zonas.

- 4) *Tarifas kilométricas.* Estas tarifas se emplean por lo común en los ejes ferroviarios y en los transportes regionales. Tienen la ventaja de ser, en principio, justas ya que en general, el monto cobrado al pasajero es proporcional a la distancia recorrida. Sin embargo, conllevan deficiencias durante la venta y el control del boletaje, y resultan contraproducentes con las políticas de descentralización.
- 5) *Tarifas combinadas.* Este sistema tarifario se presta para múltiples combinaciones. En general consiste en establecer una tarifa única hasta un radio comprendido entre 7 y 8 km del punto de medición, más allá del cual se le combina con tarifas de zonas de 5 km de extensión, sucesivamente. En algunos casos, para distancias mayores de 20 km, se pueden establecer nuevas combinaciones con tarifas kilométricas.

Su control es bastante difícil y precisa de una clasificación complicada de los boletos. Una tarifa semejante sólo puede ser empleada en los sistemas de transporte regional del tipo ferroviario.

- 6) *Correspondencias.* Ciertas restricciones, manejadas en las transferencias entre los distintos medios de transporte, —cobro extra en algunos transbordos con trayectos a pié—, son modalidades tarifarias interesantes para ciertos usuarios; en cierta medida pueden favorecer algunos de los desplazamientos de la población, recomendados en los planes de ordenamiento urbano. No obstante, complican enormemente los controles y pueden dar lugar a fraudes muy cuantiosos.

Las estaciones de transbordo deben proyectarse formando recintos cerrados para reducir el control a una sencilla canalización de los viajeros de un medio a otro.

8.4. Casos de tarificación en el mundo

A todo lo ancho del mundo existen incontables modalidades en la aplicación de las tarifas de transporte y aun en torno a las estrategias tarifarias. De entre ellas se ha seleccionado un cierto número de casos con el ánimo de que puedan servir como ejemplos o prototipos, cada uno susceptible de tomarse como patrón de referencia de diseño. En los párrafos que siguen se hacen los comentarios respectivos a título puramente informativo. Salvo otra indicación, todos los casos se explican como estaban en 1987, año en el que se concentró la información.

8.4.1. NUEVA YORK - NUEVA JERSEY

Desde mucho tiempo atrás la tarificación de la ciudad de Nueva York opera con base en una división establecida sobre el área metropolitana, consistente en tres zonas, a saber:

- 1) Una zona central, que se localiza en el núcleo mismo de la Isla de Manhattan.
- 2) La segunda zona o intermedia, que va desde la zona central hasta las orillas del Río Hudson.
- 3) Una tercera zona o exterior, localizada en la periferia de la ciudad de Nueva York, hasta Nueva Jersey.

En Manhattan, a partir de la unificación de los distritos en una sola zona, quedó definida una tarifa única que rige tanto en el Tren Metropolitano (SUBWAY) como en la red de autobuses que funciona en el área central de Nueva York.

En cuanto a los trayectos que operan en la zona intermedia y en la exterior, la política tarifaria descansa sobre otras bases. Ahí se aplica una tarifa de acuerdo con la distancia recorrida, para lo cual el usuario deposita su pasaje en la caja colectora y, si al llegar al Río Hudson desea permanecer abordo, debe agregar otro tanto al bajar del autobús ya en la parte exterior; esto representa un pago total de dos tarifas básicas para cada trayecto entre dos zonas.

En este sistema de tarifas diferenciales el control funciona óptimamente si el usuario está consciente de que el responsable del correcto funcionamiento del servicio es él mismo. El método no es factible en todas las ciudades del mundo pero en Nueva York funciona aceptablemente.

8.4.2. MOSCU

El transporte que opera en toda el área metropolitana de la capital rusa mantiene la política de tarifa única para todos los modos, exceptuando el taxi.

La tarifa es de cinco "kopecks" que equivale a cinco centavos de rublo. Mediante esa tarifa el pasajero puede realizar los viajes que desee por la red de Metro, permitiéndosele también utilizar los otros medios —trolebús, autobús y tranvía— por el mismo precio, sin importar la distancia recorrida. El costo es notablemente bajo (era del mismo orden que en la Ciudad de México, según las tarifas de 1987) lo que hacía necesaria una importante subvención por parte del gobierno.

8.4.3. PARIS

La Régie Autonome des Transports Parisiens -R.A.T.P.-, opera el metropolitano (Metro), la Red del Expreso Regional ó R.E.R., y una extensa red de autobuses del París intramuros y de la periferia. Cada sistema mantiene una política propia de aplicación tarifaria:

1. En el Metro urbano y en la parte central urbana del R.E.R. prevalece una tarifa única y hay transbordo gratuito entre las líneas.
2. En las líneas del R.E.R. y en todos los autobuses que operan en la periferia, existe una tarifa por secciones.

El boleto de segunda clase del Metro vendido en carnet, puede utilizarse indiferentemente en el Metro y en los autobuses, según la modalidad tarifaria propia de cada sistema, así:

- a) En el Metro y en la parte urbana del R.E.R se cobra un boleto simple.
- b) En el sistema de autobuses urbanos se cobran de uno a dos boletos, según sea la distancia recorrida.
- c) Sobre el sistema de autobuses de la periferia se cobran de uno a seis boletos, dependiendo del trayecto.

En el año de 1975 se creó la "Carta Naranja", un abono mensual por zonas válido por un número ilimitado de viajes sobre el conjunto de los medios de transporte de la región: Redes de la R.A.T.P, líneas de cercanías de los ferrocarriles franceses, -S.N.C.F-, y líneas urbanas de autobuses.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

La Región de los Transportes de París está dividida en siete distritos concéntricos a los que corresponden siete precios de la "Carta Naranja". El distrito principal comprende al París intramuros —o sea, la zona delimitada por los boulevares perimetrales—; de la segunda hasta la sexta zonas, se cubren áreas anulares de 2.5 a 8 km de espesor; la séptima zona comprende el resto de la Región. El precio de la "Carta Naranja" va de 48 FF para dos zonas a 120 FF para las cinco zonas, (a razón de \$370 por franco en 1987; N\$0.60 en 1994).

El nivel general de tarifas es fijado por el gobierno. Según la información obtenida, desde 1977 el costo de un viaje simple en Metro, para boletos adquiridos en carnet, era de 1.10 FF; ese precio, llamado "módulo de aplicación", subvalora el costo real del transporte, el cual debería de ser de 2.00 FF (o "módulo de equilibrio"). El precio del boleto de Metro sirve como unidad de referencia en el establecimiento de las tarifas restantes.

8.4.4. SAN PABLO

El Metro de San Pablo, en Brasil, opera mediante el sistema de tarifa única, cualquiera que sea la distancia recorrida por el pasajero. La política tarifaria del Metro de San Pablo tiene un carácter social basado en el poder adquisitivo del usuario, siendo su tarifa apenas redituable. Generalmente se ha requerido de subvenciones de la administración pública para dar viabilidad económica a la operación del sistema.

En San Pablo están en uso los siguientes tipos de boletos:

1. Boleto sencillo.

Es un pasaje para ser utilizado en un viaje en Metro, y es retenido en los torniquetes de acceso.

2. Boleto integrado.

Que permite un viaje en Metro y otro en autobús o ferrovía. Después de ser introducido en los torniquetes de acceso del Metro es regresado al usuario y es válido como pago en los restantes medios de transporte integrados —autobús o ferrovía—. Para el viaje de regreso, el boleto pue-

de ser adquirido abordo del autobús o de la estación del ferrocarril y es retenido por los torniquetes de acceso del Metro.

3. *Boleto de viaje redondo.*

Sigue el mismo sistema descrito para el boleto integrado, con la particularidad de que es válido para dos viajes en Metro y dos viajes en autobús o ferrocarril. Este boleto sólo se puede adquirir en las estaciones de los autobuses o del ferrocarril.

4. *Boleto múltiple.*

La versión tiene dos presentaciones y sólo puede ser usado para las líneas del Metro. Dependiendo de su presentación permitirá al usuario el acceso a la red cinco o diez veces antes de que el torniquete destruya el boleto.

5. *Boleto para estudiantes.*

Este tipo de boleto es presentado en dos formatos: el boleto sencillo y el integrado. Funcionan con la misma estructura que el boleto sencillo y el integrado a que tienen acceso todos los usuarios, pero tiene un precio inferior.

8.4.5. CHICAGO

La Chicago Transit Authority —CTA—, es una empresa municipal que opera la red de Metro, la cual transporta cerca de ciento cincuenta millones de pasajeros al año, así como varias redes de autobuses que cubren el área metropolitana y la periferia de Chicago.

La política tarifaria de la CTA descansa sobre la base de una tarifa única para la mayor parte de los trayectos que opera. Sobre algunas de las rutas de la periferia se aplican tarifas más elevadas debido a la gran distancia recorrida; asimismo, en los trayectos más importantes del centro de la ciudad se aplican tarifas más bajas.

La correspondencia (el transbordo libre) entre el Metro y el autobús, así como entre las líneas de autobuses, es válida solamente por períodos

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

limitados. El boleto que permite dicha correspondencia (*transfer*) se vende a un precio ligeramente más elevado.

Se presenta bajo dos formas, una que da derecho a efectuar un número ilimitado de correspondencias, —sólo durante un tiempo definido— sobre las redes que opera la CTA, y otra que amplía esta posibilidad al conjunto de los transportes de la región.

8.4.6. TOKIO

Desde la fusión de las empresas Tokyo Underground Railway Co. —TURCo—, Tokyo Rapid Transit Co. —TRT—, y Keihin Underground Railway Co. que ya existían, se organizó la Teito Rapid Transit Authority —TRTA— que es la que regula el funcionamiento de la red del tren metropolitano (*Metro*) de la capital del Japón.

Las tarifas en el *Metro* japonés se apoyan en un precio base, que se afecta de diversas formas en función del trayecto por realizar. Los sistemas de emisión y control de boletos, tanto para las tarifas como para el acceso a las líneas, merecen ser explicados mejor por su originalidad.

La red del *Metro* tiene una estructura complicada debido a la infinidad de conexiones y rutas susceptibles de seguirse. Por ello, en cada una de las estaciones del sistema hay un plano que muestra la red e indica claramente los tramos de las líneas y las correspondencias que existen; de esta manera, cada usuario definirá la ruta que más se adecue a sus necesidades.

La ruta escogida por cada pasajero es presentada a la máquina que distribuye los boletos, para que ella le asigne la tarifa y le extienda un boleto que ampare su recorrido.

El boleto no es convencional. Para cada diferente trayecto se crea un billete con los códigos de las líneas que se hayan de ocupar y las transferencias que se harán. Luego, de ese modo, el usuario tendrá que viajar por el recorrido que planteó, sin posibilidad de alterarlo; el boleto que se obtiene posee unas cintas de colores que le definen las trayectorias que forman el recorrido. Así, además de quedar controlado su trayecto, el pasajero podrá seguir las líneas coloreadas que se encuentran en las estaciones, para guiarlo hacia el andén.

Al llegar al control de boletos, sólo podrá alcanzar el punto que había señalado, ya que los códigos son validados por los torniquetes de acceso.

Además del sistema antes descrito para la adquisición de los boletos, la TRTA incluye la posibilidad de adquirir un abono, que puede ser mensual o hasta por seis meses, y que autoriza viajes y transbordos ilimitados dentro de la red durante el tiempo de validez. Este abono está subsidiado por el Estado, dándole un enfoque socioeconómico. Presenta dos opciones, a saber:

1. Estudiante.

A los cuales el gobierno les proporciona un subsidio del 80% sobre el abono de seis meses de duración y 70% en el de un mes.

2. Trabajador.

Este abono recibe un descuento, por parte de la autoridad, de un 48.6% en la versión de seis meses y 32.5% en la de un mes.

A pesar de ese descuento que proporciona el Estado, solamente el 50% de los usuarios lo utiliza; el resto prefiere seguir adquiriendo el boleto de un viaje en el momento de realizar el trayecto.

El sistema tarifario que aplica la TRTA tiene, además de las ventajas que le proporciona al usuario, un beneficio para el gobierno. Mediante el mismo se obtienen, combinando abonos y boletos unitarios, unos ingresos por tarifas del 94% del costo —contra sólo un 12% de subsidio— que cubren los gastos de operación y producen 6% de excedentes, sin que la tarifa resulte demasiado elevada para poder hacer uso del sistema.

8.4.7. LONDRES

En la red de la London Transport los precios del pasaje y de los abonos se calculan sobre la base de la distancia entre el punto de origen y el de destino.

Están a la venta tarjetas de abono —“*season tickets*”— que son válidas durante una semana, un mes, tres meses o más. Su precio es igualmente variable en función de la distancia.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En Londres el precio de los boletos ordinarios del transporte varía, en función de la distancia recorrida, hasta un máximo de 40 km. Sobre los trayectos efectuados en el interior de la ciudad se aplica una tarifa superior.

No existe correspondencia entre líneas con los boletos ordinarios. A cambio de ello, una tarjeta de abono en los autobuses, denominada "Red Bus Pass", permite realizar un número ilimitado de viajes durante un mes o durante un año en todas las líneas de autobuses de la compañía.

8.4.8. BUENOS AIRES

La región de Buenos Aires, Argentina, registró un total de 18 millones de viajes-persona/día en 1992 y los medios públicos participaban con el 67% del reparto modal. Las tarifas son reguladas por tres jurisdicciones: la Nacional, la de la Provincia de Buenos Aires y la de los Municipios del Gran Buenos Aires. Están relacionadas con el kilometraje recorrido y sobre la base de secciones.

Dentro de la Capital Federal, donde operan las empresas de jurisdicción nacional (los colectivos), está vigente la tarifa única cuyo importe era en 1992 de US\$ 0.35. En el resto de los servicios comunes, las tarifas oscilan entre US\$ 0.35 la mínima y US\$ 0.70 la máxima. Además de estos hay servicios de alta calidad que tienen tarifas mayores.

En el Metro la tarifa es asimismo única, tiene un importe de US\$ 0.45 permitiéndose la libre transferencia entre líneas (El Metro de Buenos Aires tiene 5 líneas en subterráneo además de un "pre-metro").

8.5. La tarificación en MÉXICO

El 1 de Agosto de 1986, el Departamento del Distrito Federal de México puso en vigor un Abono de Transporte, en un claro intento de unificar las tarifas y el sistema de cobro de los transportes de la Ciudad de México. Hasta ese día cada uno de los medios de transporte tenía su muy particular modalidad de cobro y su propia tarifa, independientemente de que en muchos de ellos se prestaban servicios similares.

Los antecedentes del Abono se ubicaban en el abono semanal de los Transportes Eléctricos, que databa de los años 30s, y que estuvo vigente, con más o menos regularidad, hasta 1982; o en las "planillas", especie de boletos en carnet diseñados como los timbres postales y usados por los autobuses años antes; o los boletos del Metro, los cuales pueden comprarse en paquete de cinco piezas.

El nuevo Abono de Transporte englobó sólo a tres de los siete sistemas de transporte de la Ciudad; es decir, agrupó al STC -Metro-, al STE -trolebuses y tren ligero-, y a la ex Ruta 100 -autobuses urbanos-, quedando fuera de ese concepto tarifario los taxis colectivos y los autobuses suburbanos de concesión federal, así como el transporte oficial del Estado de México -STT- o Sistema de Transporte Troncal (ya extinto).

El Abono de Transporte es un documento de tarifa única que autoriza a viajar en los transportes asociados, sin límite de viajes o de distancia. Comprende dos partes: un documento visual impersonal, el cual simplemente debe mostrarse a los operadores del vehículo abordado, más un boleto magnético que permite acceder al Metro. Es de aplicación quincenal.

Los transportes restantes de la Ciudad son operados con tarifa única (por ejemplo, ciertos microbuses del Distrito Federal) o bien con tarifa diferencial según la distancia (servicios suburbanos).

En la Ciudad de México los sistemas asociados al Abono son propiedad del Estado y están fuertemente subsidiados (se desconoce la proporción exacta, pero se estima en más del 50%). Cuando se redactó por última vez este texto (1993), el precio del Abono era de trece mil trescientos viejos pesos (US\$4.30) y el precio del pasaje en los microbuses, de quinientos cincuenta pesos antiguos (N\$ 0.55) como mínimo (\$0.17 dólares).²

La mayoría de las ciudades de la provincia mexicana siguen un mismo sistema de cobro. Se le aplica con o sin boleto, sobre una base de tarifa única. Inclusive, debido a aspectos jurídicos, hay una tendencia orientada al cobro de la misma tarifa en todos los servicios de un mismo tipo (a igual servicio, igual pago).

² Actualmente (1996) cuestan 26 y 1.50 pesos, respectivamente.

En años recientes (1993), se ha abierto la posibilidad de permitir la liberación tarifaria en algunos servicios con características especiales, siguiendo el camino iniciado por el transporte federal de pasajeros. Este proyecto de "desregulación tarifaria" no ha sido concretado todavía por motivos diversos.

8.6. Establecimiento de tarifas

Expresa Stuart K. Hicks³ que el principal problema del establecimiento de fletes y tarifas de transporte urbano, es su falta de definición. Según consigna él, «...Factores tales como la subutilización de los vehículos, la congestión de tránsito, y las inadecuadas facilidades para la carga y descarga [o el ascenso y el descenso de pasajeros] entre otras causas más, pudieran ser elementos importantes del problema, y aun así, y sin mayor investigación, es la intuición más que el conocimiento lo que suele guiar los esfuerzos para establecer las dimensiones del problema...». Como ya comentábamos en párrafos anteriores, el aspecto tarifario tiene una trascendencia tal, que gravitan en él cuestiones políticas y aun macroeconómicas de gran importancia.

Una descripción de las causales impositivas y presupuestarias que numerosos economistas incluyen en la fijación de tarifas; —o la consideración a propósito de que el transporte atiende a una demanda asociada a otra que rinde beneficios marginales—, desbordaría en mucho el plan de esta obra. Nos reduciremos pues a expresar sólo los efectos directos de las acciones inmediatas que afectan el establecimiento de tarifas —para no dejar sin alguna explicación los argumentos que se esgriman en los análisis que se harán—, sin pretender justificarlos de manera exhaustiva. Y, salvo esas aclaraciones, la valoración tarifaria se hará bajo análisis estrictamente monetarios.

Las tarifas del transporte público, en particular las de los sistemas urbanos, han estado sujetas a estudios incompletos, sesgados y, bastante a menudo, casi primitivos. Otras veces, y tratando de mejorar el análisis, se han complicado en exceso. Su desconexión de la realidad ha obedecido a las más variadas causas: razones políticas y fallas en la técnica analítica

³ David A. Hensher, compilador. "Urban Transport Economics". Cambridge University Press. 1977. p 102.

en su mayor parte. En el primer caso se han esgrimido motivos sensatos para mantener o aprobar tarifas que, aun con el mejor de los juicios, han resultado contraproducentes.

La falta de atención a la técnica analítica es menos visible. Ello ha llevado a desestimar el impacto que tienen sobre las tarifas los costos de los insumos, o a simplificar su efecto al corto o al mediano plazos. Sumemos a lo anterior los pobres o erróneos criterios de selección y manejo de los conceptos que deben integrar un estudio tarifario, y reconoceremos la causa de la anarquía que se padece, no sin razón, por todos lados.

8.6.1. Guía de los análisis tarifarios

En obvio de una muy conveniente unificación de los criterios de análisis, esta guía metodológica pretende paliar ese vacío que persiste en el manejo del renglón tarifario, aportando un procedimiento que, sin ser exhaustivo, cubre los principales aspectos del tema, evitando recargarlos de trabajo exagerado. El contenido se ha previsto para satisfacer las necesidades de información de viabilidad económica de los servicios desde el punto de vista de una institución financiera. Aunque también es innegable su utilidad para otras instancias implicadas de la administración pública, y para algunos organismos ocupados de la prestación del transporte.

El método incluye ciertos componentes indispensables mínimos. Algunos son muy concretos y evidentes —la amortización de las inversiones, por ejemplo—; manejan datos conocidos y arrojan resultados también claros: el costo de las amortizaciones por kilómetro o por mes. Otros ya no lo son tanto, porque a veces encubren costos más elementales: digamos, la administración, cuyos costos reflejan los montos de los sueldos del personal, ya afectados por concepto de las prestaciones de ley.

Para simplificar su manejo y evitando caer en complicaciones de reiteraciones de cálculo y circularidades, el método sigue la secuencia que se muestra en la Figura 8.1 adjunta. En el diagrama cada etapa o actividad corresponde con alguno de los componentes del análisis, y cuya descripción y significado se detallan en el apartado correspondiente. Ahí puede verse cómo el proceso parte de las cuantificaciones o los conceptos más simples o elementales y así, paulatinamente, van integrándose los más complejos hasta arribar a la tarifa. Asimismo, este modo de presen-

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

tar el proceso de análisis permite mostrar la manera en que un cambio influye en el resto; por ejemplo, es obvia la repercusión de un cambio en el precio del combustible en las tarifas, no lo es tanto la manera en que dicho cambio se trasmite a lo largo del análisis, y la proporción en la que afecta la tarifa.

Los cuadros básicos informativos: Insumos, Mano de Obra y Rendimientos, resumen los conceptos más necesarios para efectuar el análisis y tienen una presentación adecuada a un manejo asociado a una hoja electrónica típica. En cuanto a su contenido, la información sobre insumos y mano de obra está actualizada a 1995 y tendría vigencia en tanto los cambios inducidos por el proceso inflacionario no sugieran otra cosa. Por el lado de los rendimientos, sus unidades y morfología —esquema— fueron seleccionadas para una aplicación directa, tendiente a la obtención de los conceptos del siguiente nivel. Es decir, para encontrar el costo por consumo de combustible, dado que el insumo está expresado en pesos por litro y el resultado se espera en pesos por kilómetro o por mes, el rendimiento quedó planteado en kilómetros por litro.

Deberá quedar claro que en el citado renglón de rendimientos, las cifras que se estipulan son valores promedio de consumos reconocidos y recomendaciones en el caso de los conceptos del mantenimiento. Esto es útil para la mayoría de los casos. Sin embargo, como se aconseja en otro párrafo, ello no soslaya la conveniencia de emplear datos más precisos cuando esto fuera posible.

Finalmente, ciertas consideraciones —las variables exógenas— que se han tomado, en algún momento pueden diferir de la realidad. Caso específico son las tasas de interés, los plazos de vida útil o amortización y el valor de rescate. Es casi ocioso dar explicaciones sobre la necesidad de tomar para el cálculo el valor más confiable que se tenga; en la guía se han incluido cifras en vigor o aceptadas generalmente, pero nada impide el empleo de otras más actualizadas, al igual que si se tratara de un insumo más, susceptible de modificaciones periódicas.

Indudablemente esta guía no es única. Existen varios métodos —algunos de ellos bastante sofisticados—, que permiten calcular montos tarifarios. La razón que lleva a agregar uno más a los que ya hay, radica en la convicción de que mucha gente interesada no posee conocimientos avanzados sobre el análisis económico, y el manejo de paquetes informáticos en

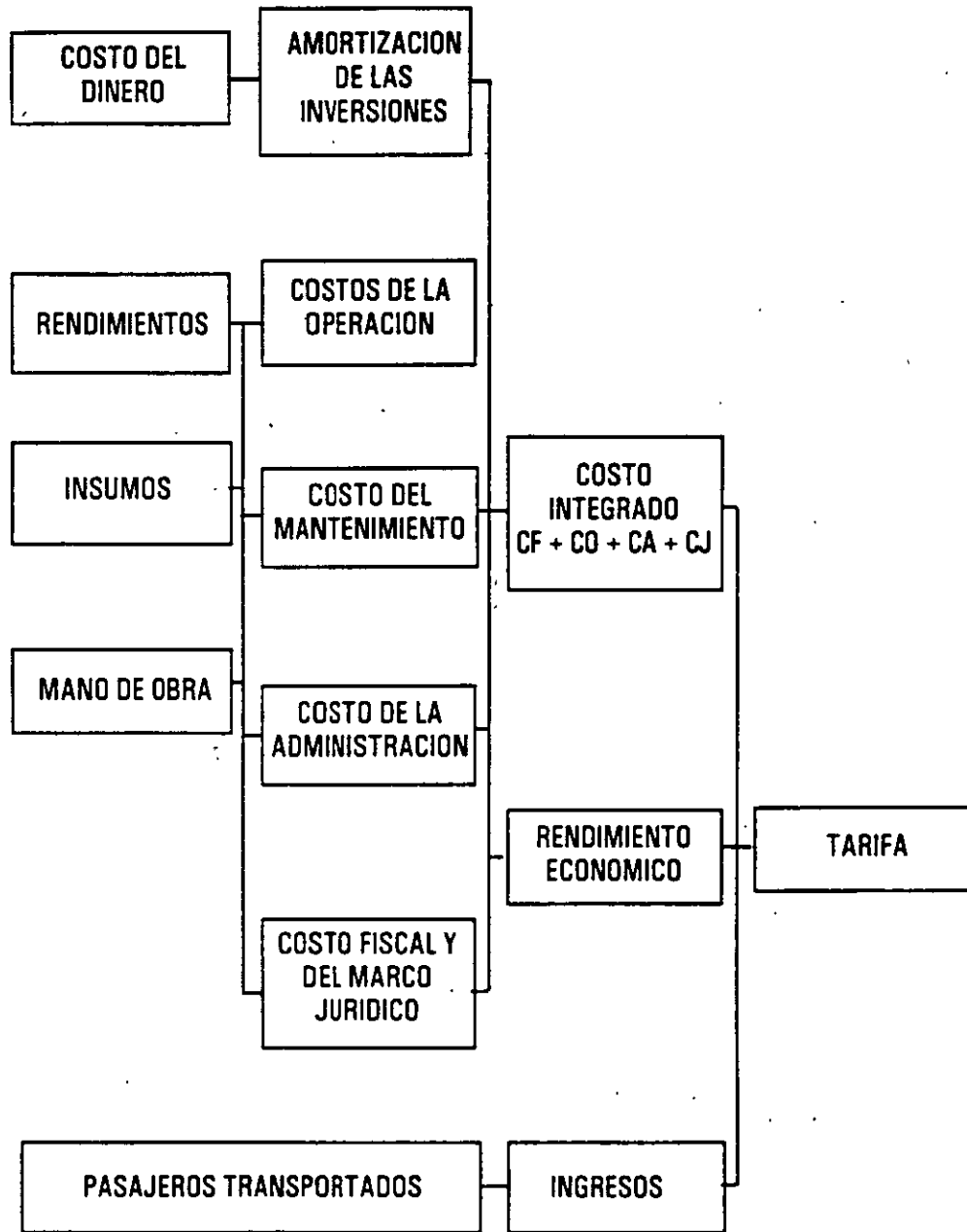


Figura 8.1. Secuencia de cálculo de una tarifa.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

computadoras electrónicas deja dudas importantes sobre el contenido y el significado de los resultados. Es muy posible que después de una aplicación completa de esta guía, quien la haya hecho obtenga asimismo una mayor sensibilidad respecto a las tarifas, sus componentes y su razón de ser.

La integración de la guía cubre tres partes. Una es sólo descriptiva y lleva el título de "Descripción de Componentes—". La siguiente es de aplicaciones y se le denominó "Diseño de una Tarifa"; contiene ejemplos numéricos que permiten verificar las fórmulas que se manejan. Por último, la tercera parte está constituida por varios cuadros numéricos, los que a su vez tienen la doble finalidad de aportar datos de cifras reales y de mostrar los resultados parciales del proceso. Los cuadros, de hecho, desembocan en una tarifa calculada para un caso real. Un aporte muy particular lo constituye el cuadro de Valores Proporcionales Típicos—VPT— el cual indica cuáles cifras son de esperarse en la composición de cualquier tarifa de la misma naturaleza. Por ejemplo, la proporción del costo directo de operación debe situarse en el orden del 32%, tal y como lo expresa el cuadro de la tabla 7.3 (p 240). Cuando un análisis arrojará un valor radicalmente distinto, alguna consideración de cálculo estaría mal tomada. Finalmente, muchas de estas enumeraciones ya se hicieron en otros apartados (*ver* Capítulos 6 y 7), pero se ha contemplado la necesidad de reiterarlas para no oscurecer los planteamientos de la integración tarifaria.

A. Descripción de los componentes

El análisis para la definición de la tarifa está conformado por los cuatro componentes siguientes:

- a. Amortización de las inversiones;
- b. Participación de los costos de operación;
- c. Participación de los costos administrativos;
- d. Impacto de los ingresos.

a. Amortización de las inversiones.

La inversión comprende, para el caso más general, el equipo rodante y la inversión en instalaciones fijas y en material accesorio o complementario. El equipo rodante lo constituyen los vehículos de transporte propiamente dichos, es decir, las unidades encargadas de la prestación normal del servicio, con independencia de su número, capacidad o tipo, con tal de que estén asignadas en todo momento a la operación.

Las instalaciones fijas las constituyen aquellos dispositivos y obras de infraestructura concebidos para permitir, auxiliar o facilitar la operación de los transportes. Pueden contarse entre ellos los acondicionamientos de las paradas y terminales —las canalizaciones, andenes y cobertizos—; los señalamientos en general, los paneles informativos, los talleres y lugares de guarda de unidades, etc. También deben incluirse ah todos los vehículos de apoyo —grúas y talleres rodantes—, así como las unidades de supervisión.

La forma de participación en la tarifa se basa en la tesis de que ésta debe permitir la constitución de un fondo destinado a la reposición de los equipos al cabo de su vida útil y/o al pago de las amortizaciones del capital de adquisición más los intereses que eventualmente se devenguen, o sean, los costos financieros. En tal sentido cobran especial importancia los plazos estipulados para uno u otro concepto, mismos que, en general, no son coincidentes. La vida útil del equipo rodante es muy variable de acuerdo con el tipo de vehículo. El Cuadro siguiente suministra alguna orientación en ese sentido.

Cuadro 8.1. Vida útil económica de vehículos de transporte

TIPO DE VEHICULO	VIDA UTIL (años)
Autobuses integrales	10
Autobuses convencionales	7
Microbuses	5
Camionetas (tipo Van o tipo Combi)	4

Valores basados en condiciones normales de mantenimiento y de calidad los equipos (*N del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

En cuanto al plazo de amortización de los costos financieros, éste también depende de las condiciones vigentes del mercado de capitales. En las condiciones imperantes en la actualidad (1996), los plazos y las tasas de financiamiento bancario que pueden encontrarse en México, son las siguientes:

Cuadro 8.2. Tasas y plazos del crédito al transporte (MEXICO)

<i>TIPO DE INSTITUCION</i>	<i>TASAS (% anual)</i>	<i>PLAZOS</i>
Banca de desarrollo Banca comercial o auxiliar	TIIIE + 3.5 a 4.5 (*) variable	Hasta 72 meses Hasta 48 meses

(*) TIIIE = Tasa Interbancaria Interna de Equilibrio (43.41% en marzo de 1996).

b. Participación de los costos de operación.

Los costos de operación del transporte son incontables y muy diversos. En cuanto a los vehículos, pueden identificarse dos renglones principales:

- los costos directos de la operación, o sean, los costos en que incurren los vehículos y el personal asignado a ellos, al estar trabajando;
- los costos indirectos implicados en la conservación de las unidades de transporte;
- Y en cuanto a los costos no atribuibles a los vehículos:
- los costos indirectos orillados por el personal en ruta y por la conservación de las instalaciones fijas.

En el renglón de los costos de la operación existen numerosos criterios en lo tocante a su categoría y clasificación. Quizá el más práctico es el que se ha detallado antes (*ver el apartado 7.2*) que agrupa como costos directos a aquellos que pueden ser asociados a la operación de cada vehículo en particular, y como costos indirectos los que deben manejarse de manera prorrateada entre todas las unidades porque su origen es poco susceptible de diferenciaciones claras.

Todos los costos operativos deben estimarse en función de los diferentes rendimientos y desgastes de los elementos y partes que intervienen. De ahí que su cuantificación deba de hacerse individualmente, considerando los precios de adquisición en el mercado de insumos y los respectivos rendimientos.

b.1. Costos directos de operación.

Resumiendo y a título enunciativo, son costos directos de la operación los siguientes:

- el combustible,
- los lubricantes de uso rutinario,
- las percepciones del operador,
- las llantas.

Estos cuatro conceptos están íntimamente asociados al trabajo de las unidades de transporte. Es más, se presentan sólo si los vehículos trabajan, —con alguna salvedad, en cuanto a las percepciones del operador—, y no ocurren o son imperceptibles cuando los vehículos no laboran.

b.2. Costos indirectos de la operación.

Como ya quedó asentado existen dos tipos de costos indirectos asociados a la operación:

- Los costos del mantenimiento de los vehículos, y
- los costos del mantenimiento de las instalaciones fijas.

Entre los primeros pueden mencionarse el mantenimiento normal o preventivo —también denominado mantenimiento menor—, y el mantenimiento correctivo o mantenimiento mayor. Mantenimiento preventivo es, ya se dijo, aquel al que deben sujetarse rutinariamente los vehículos para garantizar su permanencia en el servicio; por lo común se maneja con base en ciclos especificados para cada una de las áreas de atención: el ciclo de los 5,000 km o ciclo mensual; el de los 1,000 km —aproximados—, o ciclo semanal, y aun el de los 200 km o ciclo diario. Las cifras corresponden a los vehículos del transporte urbano (*ver capítulo 5*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

El mantenimiento mayor puede o no ser correctivo. En el caso de no serlo eventualmente estará sujeto a algún ciclo (30,000 ó 50,000 km) y en el caso de serlo, o sea, cuando se trata de corregir alguna falla, estará sujeto a la aparición de ésta. En obvio de una buena operación, siempre se intentará que las fallas no aparezcan, a través de un mantenimiento anticipado. Para eso la atención implicada en cada ciclo —la cual depende obligadamente de estándares de fabricación—, se complementa con provisiones extraídas de las estadísticas del comportamiento del parque vehicular. Todos estos ciclos y costos se detallan en los Capítulos 5 y 7.

En lo que se refiere a la conservación de las instalaciones fijas, comprenderá desde el remozamiento o sustitución de los señalamientos, hasta el reacondicionamiento de los cobertizos en las paradas y el bacheo de las zonas de depósito o de los puntos de terminal, casos todos que suelen estar comprendidos dentro de algún ciclo especial de atención.

c. Costos administrativos.

Los costos de administración son casi privativos del manejo de las rutas; en general no son susceptibles de calcularse con precisión cuando se trata de vehículos aislados. Es por ello que consisten en cifras de origen global, que luego son prorrateadas entre las unidades de transporte operando, con base en los días trabajados o en los kilómetros recorridos.

Comprenden los costos por el cuerpo directivo, del personal de administración —el cual maneja nóminas, recaudación, aspectos contables y fiscales, etc— así como, y cada vez con una mayor frecuencia, un cuerpo técnico a cargo de las estadísticas de la operación y de los estudios de mercado (demanda).

d. Ingresos.

Los ingresos son la contraparte de los costos. Suelen ser de tres tipos:

- boletaje vendido o captación monetaria directa por transportación;
- servicios comerciales diversos (contratación de servicios extraordinarios;
- publicidad;

Otros.

Los primeros, que de hecho constituyen la parte mayoritaria de los ingresos totales, dependen del número de viajeros transportados en la unidad de análisis (mes, día o kilómetro) y del importe de la tarifa. Los otros dos son variables y dependen mucho de las circunstancias; los ingresos debidos a la publicidad han estado cobrando mayor importancia cada vez y son los que a la postre poseen una mejor perspectiva.

8.6.2. El concepto monetario de utilidad

Según la definición aceptada, la utilidad es “..el producto o el beneficio de una cosa”. Llevándolo a la terminología usual en la economía, las definiciones van desde “... la capacidad de un bien para satisfacer una necesidad humana”, hasta “...el reparto no contractual del ingreso obtenido por la actividad normal de un negocio” (the non contractual share of income realized by a business from its regular activities).⁴

En el contexto de nuestra argumentación, sería la cantidad de dinero, expresada como una parte proporcional o absoluta del ingreso, que se obtiene mediante la actividad económica de un negocio —en este caso la actividad consistirá en la operación de un servicio de transporte—. O, más sencillamente: la cantidad de dinero que es lícito o se ha convenido en ganar, a partir de la prestación de un servicio de transporte.

Lo más frecuente, sobre todo cuando se trata de negocios que han requerido de alguna inversión, es expresar la utilidad en forma de un porcentaje de la inversión o de los ingresos que produce. Por ejemplo, supongamos que la prestación de algún servicio cualquiera —digamos, el transportar un paquete—, nos origina unos gastos totales de \$12,000; parece lícito suponer que un incremento del 25% sobre tales gastos representaría un porcentaje justo de sobrecobro como concepto de utilidad. Así pues, el precio al público del servicio sería de \$15,000 en lugar de los \$12,000 gastados. Pues bien, esto que parece tan obvio a primera vista, a la postre resulta sumamente complejo (sobre todo tratándose del transporte de personas) y a menudo es sujeto de grandes controversias tanto en su monto como en su razón de ser.

⁴ David A. Hensher. Obra citada. P 246).

Ya en un apartado previo (*ver.* 6.5.2), comentábamos sobre esa casi exclusiva característica del transporte. Desde varios ciertos de vista parece justificable considerar al precio del transporte como un dinero que podría o debería ser soslayado, en parte o del todo, de entre las erogaciones del beneficiario. Empero, no está en nuestras intenciones abundar sobre la ética, ni aun sobre la filosofía de tales aseveraciones. Aquí hablaremos de la utilidad como un hecho aceptado, y sólo se plantearán sus opciones de manejo de acuerdo con la lógica económica, o con las costumbres que privan en otros países y en el nuestro. La utilidad es pues el sobrecobro adicional al importe de la *tarifa de equilibrio*, denominándosele así a aquella cifra que prácticamente iguala los ingresos y los gastos totales, ambos conceptos medidos con respecto a la unidad de transporte seleccionada para el análisis: —viajes-persona/día, pasajero-km, ton-km, o bien, cualquier otra que resultara conveniente—. Resta entonces dar respuesta a la pregunta de: *cuánto más cobrar y cómo hacerlo.*

El cuánto es una cuestión de acuerdo entre partes. Tratándose de un servicio público concesionado, no es frecuente que este aspecto se deje al libre juego del mercado. Si bien es cierto que el transportista-inversor teóricamente tiene derecho a la recepción de un beneficio comparable al que podría obtener de la aplicación de su dinero en otras áreas, dada la característica pública del servicio, —nuevamente la misma circunstancia—, en general es el gobierno quien regula las tarifas y, por ende, quien sanciona indirectamente las utilidades. De todos modos, es interesante establecer dentro de qué rango podrían ubicarse los porcentajes aplicables.

(Si la inversión dedicada al transporte fuera transferida al mercado general de capitales, es indudable que el rédito se ubicaría en torno a la tasa de oportunidad [que en México, en 1996, era de 30% aproximadamente]. En otro orden de ideas, si la inversión se aplicara a la ejecución de trabajos públicos bajo contrato, el porcentaje de utilidad variaría entre un 10% para la construcción y un 20% para los servicios [también datos de México en 1996]. Luego entonces, podría aseverarse que el porcentaje de utilidad de los transportes deberá estar entre 20% y 30%, ante el riesgo de carecer de inversionistas).

Aunque el porcentaje de la utilidad no suele quedar explícito —al menos por el momento, es muy poco usual que los estudios tarifarios lo expresen de una forma clara—, la mayoría de las tarifas dan lugar a una utili-

dad más o menos razonable. Ya se vio en los ejemplos del Capítulo 6, que en la mayor parte de los casos la inversión llevaba a tasas de rentabilidad (TIR) bastante aceptables.

Sobre el cómo aplicar el sobrecobro a la tarifa de equilibrio, esto también es susceptible de variantes. En algunos casos la autoridad optará por cubrir directa o indirectamente la parte del sobrecobro, subsidiándola; inclusive, el subsidio podría ser aún mayor si la tarifa de equilibrio resultara por encima de las expectativas y se quisiera gravar menos a los usuarios.

En el otro extremo quedaría la aplicación completa del monto del sobrecobro en la tarifa. En este caso se estaría, como ya se comentó antes, en la situación de que el servicio gozara de autosuficiencia económica. Bajo tales condiciones, el monto de la utilidad quedaría incorporado al importe de la tarifa.

Como puede verse, las opciones de cuantificación y aplicación de la utilidad son numerosas y muy variadas. Por lo general, cuando existe la oportunidad de hacer un planteamiento global del tema, ello se hace presentando alternativas viables a la consideración de la autoridad responsable. Con el fin de facilitar la toma de decisiones, conviene dar fundamento a la recomendación mediante algún adecuado método de evaluaciones. En el Apartado 8.4 se incluyó ya un cierto número de esquemas tarifarios, vigentes en varias ciudades del mundo, lo cual ha de servir como ejemplo ilustrativo de casos de aplicación.

8.6.3. Diseño de una tarifa

Una vez que se cuenta ya con los costos —totales o parciales, según sea el caso— y se han dado las definiciones que fueron comentadas en el apartado anterior, la fijación de la tarifa es sólo cuestión de sumas. Veamos con un ejemplo la manera de hacerlo.

Problema 8.1.

Con los costos del Problema 7.2, calcular la tarifa de equilibrio, más las tarifas correspondientes a 10% y 30% de utilidad. Estimar los valores exactos de cálculo y las tarifas prácticas respectivas, cerradas a los \$0.10/boleto. El ingreso estará determinado por la venta de boletos de una afluencia de pasaje estimada en 850 pasajeros/vehículo/día.

Solución:

Por una parte los gastos totales suman \$15,668.68/ vehículo/mes. Para hacer el análisis por día hemos de dividir dicha cifra entre el número de días normales que tuviera el mes típico, digamos 26 en este caso. Así tenemos:

$$CT(\text{día}) = \$15,668.68/26 = \$602.64$$

Sobre la base de 850 pasajeros/día, la tarifa de equilibrio será:

$$\$602.64/850 = \$0.709 \text{ pas/boleto.}$$

Para determinar las tarifas teóricas y prácticas correspondientes al 10% y al 30% de utilidad, primero se debe aumentar el monto del costo total en esos porcentajes. Esto se consigue multiplicando los \$602.64 por 1.10 y 1.30, respectivamente. Luego entonces:

$$\begin{aligned} \text{Para una utilidad de 10\%: } & \$602.64 \times 1.10 = \$662.91 \text{ o bien,} \\ \text{para una utilidad del 30\%: } & \$602.64 \times 1.30 = \$783.43. \end{aligned}$$

Procedemos ahora a calcular las tarifas teóricas pedidas. Eso se hará de nueva cuenta con el total de pasajeros transportados en promedio por cada unidad, o sea, 850 pas/día.

En el primer caso la tarifa teórica sería como sigue:

$$\text{Tarifa (10\%)} = \$662.91/850 = \$0.78/\text{boleto};$$

siendo la tarifa práctica de \$0.80/boleto. Y en forma análoga,

$$\text{Tarifa (30\%)} = \$783.43/850 = \$0.92/\text{boleto};$$

y por consiguiente, la tarifa práctica será de \$1.00/boleto.

Problema 8.2.

Calcular la tarifa de un servicio de taxis con itinerario libre, a partir de los siguientes datos:

Costos.

Costo directo: Gasolina y aceite,
Cambios de aceite y filtros,
Mantenimiento (frenos, afinación, etc),
Llantas,
Pintura y vestidura,
Aseo y lavado,
Salario del chofer.

Importe: CD = \$102.99/turno.

Costo indirecto: Amortización de inversiones,
Servicios administrativos o de sitio,
Seguro social,
Guarda del vehículo.

Importe: CI = \$17.11/turno.

Suma del costo directo y el indirecto: CT = \$120.10/turno.

Estadística del servicio.

Número de viajes: 26 servicios/turno.
Longitud y tiempo medio del viaje: 5.91 km ó 14.9 min.
Distancia que cubre el banderazo: 225 m (convencional).
Promedio de recorridos en vacío: 3.56 minutos.
Jornadas de trabajo: 300 días/año (600 turnos de 8 hr).
Utilidad: 25% sobre el costo total bruto.

Se pide:

- a) Tarifa por viaje ("banderazo" más precio por kilómetro o por minuto).
- b) Tarifa por hora.⁴

⁴ Debido al proceso inflacionario que existía en México en la época en que se hizo el estudio del ejemplo, los datos de los costos se actualizaron a 1993 con base en los índices del Banco de México. Esto seguramente introdujo distorsiones en algunos conceptos, por lo cual el resultado deberá tomarse con reservas y sólo con fines didácticos (*W del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Solución:

En primer lugar se calculará el importe del ingreso global necesario para cubrir los costos (CD + CI), más la utilidad aceptada (25%).

Así tendremos:

$$\text{Ingreso global} = 1.25 \times \$120.11 = \$150.14/\text{turno.}$$

Este valor deberá obtenerse al término de cada turno. En seguida estimaremos el importe de cada hora del turno así como el de cada viaje, de manera que se cubra la cifra anterior.

$$\text{Importe por hora} = \frac{\$150.14}{8.0} = \$18.76/\text{hr}; (\$0.31/\text{min}).$$

$$\text{Importe por viaje} = \frac{\$150.14}{26} = \$5.77/\text{viaje.}$$

Veamos ahora cómo pueden fijarse los importes de las tarifas kilométrica y horaria, así como el "banderazo".

Por razones de índole práctica, resulta conveniente fijar primero el "banderazo". Para ello establezcamos que dicho importe deberá cubrir el costo promedio del recorrido en vacío, de modo de evitar que los vehículos circulen demasiado sin pasaje. (mientras el taxi no rebase el tiempo promedio de recorrido en vacío, el "banderazo" del nuevo cliente lo resarcirá del tiempo perdido; si el taxista rebasa el tiempo medio estimado, caerá en una pérdida, porque el "banderazo" ya no le cubre el exceso de tiempo caminando en vacío). De esa manera tenemos:

Se requiere de un "banderazo" del orden de $\$0.31 \times 3.56 = \1.11 para cubrir el tiempo en vacío, así como de un costo kilométrico de $(\$5.77 - \$1.11)/5.91 = \$0.79$. Integrando la tarifa con ambos valores tenemos, cerrando a cantidades a cifras más o menos prácticas:

Importe del "banderazo"	- \$1.15/viaje
Tarifa kilométrica	- \$0.79/km

Esto arrojaría un importe medio de viaje de:

$$\begin{array}{r}
 \$0.79 \times 5.91 = \quad \$1.11 \\
 \qquad \qquad \qquad \quad \$4.66 \\
 \hline
 \text{Suma} = \quad \$5.77/\text{viaje}
 \end{array}$$

Cifra que es igual a los \$5.77/viaje calculados directamente.

b) La tarifa por hora será, simplemente: $\$0.31 \times 60 = \18.90 .

En el caso de algún problema real, será necesario cerrar las cantidades a las cifras más prácticas posible.

Problema 8.3.

Calcular el precio de venta de un abono para el *transporte*, basado en las premisas y estadísticas que se incluyen en seguida.

Estadística de uso de los medios (distribución modal):

- Metro - 3,000,000 viajes-persona/día, o sea el 37.5%;
- autobuses - 4,000,000 viajes-persona/día, o sea el 50.0%;
- combis - 1,000,000 viajes-persona/día, o sea el 12.5%.

Total = 8,000,000 viajes-persona/día.

Población total que viaja = 3'500,000 personas;

Tarifas vigentes:

- Metro - \$1.00/boleto;
- autobuses - \$1.50/boleto;
- micros - \$0.80/boleto.

Especificaciones de diseño:

- periodicidad o vigencia - quincenal;
- expectativa de venta - 1'000,000 abonos/quincena;
- número de viajes/persona - ilimitado;

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Solución:

Un método para determinar el precio de un abono (desde luego, puede haber otros más) consiste en idealizar un viaje estándar, constituido por fracciones de trayecto efectuadas en los tres modos disponibles, de acuerdo con la distribución modal. Veamos:

Si el pasajero típico utilizara los tres medios, su trayecto se haría el 37.5% de la distancia en Metro, el 50% en autobús y el 12.5% en micro. De ahí que, si le aplicamos las tarifas que están vigentes, el precio del viaje estándar sería de:

Participación del Metro: $0.375 \times \$1.00 = \$0.375/\text{tramo};$
participación del autobús: $0.500 \times 1.50 = 0.750/\text{tramo};$
participación de las combis: $0.125 \times 0.80 = 0.100/\text{tramo}.$

Luego pues el precio del viaje estándar es de - \$1.225/viaje.

Aparte de eso, de acuerdo con las estadísticas, la persona promedio viaja a razón de:

$$\text{Viajes por persona} = \frac{8'000,000}{3'500,000} = 2.28 \text{ viajes/día}$$

Por lo tanto, el precio diario por persona será:

$$\text{Costo por viajes} = \$1.225 \times 2.28 = \$2.793/\text{persona/día}$$

Y, consecuentemente, para la quincena será igual a:

Costo del abono - $\$2.793 \times 15 = \$41.89/\text{quincena},$
Que, cerrado para darle un monto práctico, podría valer:

$$\text{Precio del abono} = \$45.00/\text{quincena}.$$

Es claro que este planteamiento es bastante simplificado; la solución de un caso real implicaría una estadística más fina y más completa, donde se estipulara de modo preciso la cadena de tramos del viaje típico y el número de viajes diarios hecho por cada persona. Habría que tomar en cuenta además, que una facilidad de esta naturaleza incrementa el número de movimientos, debido a que maneja un precio fijo con independencia del número real de traslados.

8.6.4. Escalamiento de las tarifas

Una tarifa, sea cual sea su magnitud, no puede permanecer estable por mucho tiempo a causa, básicamente, del fenómeno inflacionario. En todo caso, y si la inflación es reducida, los efectos sobre el poder adquisitivo de la moneda se presentarán en el mediano o largo plazos, pero de hecho puede afirmarse sin mayor error, que potencialmente siempre existen y se harán necesarios cambios periódicos en la magnitud de las tarifas.

De una manera simplista las tarifas podrían ajustarse tomando como base los cambios oficiales en el índice de precios. Mas sin embargo, esta solución es imprecisa desde varios puntos de vista. Veamos:

1. En primer lugar ni todos los precios ni los salarios cambian igual o al mismo tiempo. En el ambiente de los transportes es bien sabido que los aumentos en el combustible y los salarios van siempre por detrás del resto y, en cambio, las refacciones siempre se adelantan.
2. En segundo término, desde el punto de vista fiscal o bancario, al cambiar las tasas la amortización del capital también puede presentar oscilaciones de un mes al otro.
3. En otro tenor de cosas, a menos que se formulara un índice especial para el transporte, ninguno de los admitidos desde el punto de vista oficial: índices de precios al consumidor o al productor, sería aplicable directamente.
4. Por último, el propio comportamiento de los vehículos en las rutas, según su asignación en rutas diferentes, gravitará en el monto o en la manera de adecuarse a las variaciones.

En vista de lo anterior, los escalamientos tarifarios deben hacerse de forma cuidadosa, tomando en cuenta todas las variantes posibles para cada caso en particular.

8.7. Estrategia tarifaria

Una *estrategia* es un conjunto coherente de disposiciones orientadas a alcanzar determinados objetivos trascendentes. Particularizando, en el

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

caso de las tarifas de los transportes, podemos expresar que la estrategia consistirá en un conjunto de preceptos, de la administración pública por lo general, que permitan lograr los siguientes objetivos:

- Poner al alcance de los usuarios cautivos del transporte el número necesario de vehículos y de opciones de traslado que satisfagan la demanda;
- Auspiciar la expansión equilibrada de la oferta, aumentando el volumen de la demanda atendida y mejorando la calidad; y
- Propiciar la conservación de los equipos de transporte.

Es decir, para el cumplimiento de lo anterior, cuál debe ser el esquema tarifario —en cuanto a tipos, montos y evolución— y cuáles deben ser los apoyos que el gobierno tome a su cargo, —jurídicos, fiscales, económicos o administrativos— para coadyuvar al bien común sin vulnerar los objetivos.

Una estrategia tarifaria implica entonces, no sólo definir tal o cual tarifa, sino diseñar las nuevas y actualizar las existentes de modo integral, incluyendo en los análisis a la totalidad de modos de transporte presentes en la comunidad.

Aclaremos: no se trata de subir o no las tarifas a rajatabla, o al sólo influjo de una postura política o de grupo —a veces integrado o manejado por grupos interesados—; se trata en cambio de responder con oportunidad a la situación que se viva en materia económica, reconociendo que existen distintos mercados y diversas prioridades entre la población. El fijar tarifas ajenas a la realidad, ya sean excesivamente bajas o ya sean incongruentes con relación al servicio prestado, al final de cuentas perjudica a todo el mundo.

En la conceptualización de una estrategia tarifaria deben tenerse presente los siguientes aspectos:

En primer lugar, y al menos en el actual estado de cosas, ninguna tarifa puede considerarse eterna. Las mermas en los ingresos reales debido a la pérdida del poder adquisitivo de la moneda, la evolución del mercado de usuarios, y aun los cambios en la estructura urbana, llevan a tener que admitir la conveniencia de hacer revisiones periódicas de tarifas.

Luego está el aspecto de la gran diversidad de necesidades que normalmente presenta la población. En ciertos casos lo que se requiere es un medio de transporte de gran potencia —como el Metro—; en otros más lo que importa es la intensidad del servicio; y hay veces en que lo único que llega a interesar es, simplemente, que haya en qué moverse.

Un aspecto delicado lo constituye el nivel de calidad. Por razones que no resultan fáciles de explicar, existe una muy clara tendencia —al nivel mundial—, a pasar por alto que el público permanece un porcentaje bastante considerable de la jornada hábil a bordo de los transportes, y que al igual que en otros tipos de servicios, debe ser acreedor de un trato digno. Los hacinamientos en los vehículos colectivos, dados al amparo de la inexistencia de normas de calidad para el servicio, y justificados por las tarifas inadecuadas, hacen difíciles las negociaciones sobre el tema, ya que la gente no parece dispuesta a aceptar que un cambio en el precio de los boletos no sea acompañado de mejoras reales en calidad y en eficiencia.

Por último, existe la cuestión de *la no equivalencia de los modos*. Este es un tema muy pocas veces tratado y en el que influye de manera especial la estrategia tarifaria. Todo esto puede sonar excesivamente mercantilista, —y hasta un poco ajeno a lo que se entiende por servicio público—, pero en el fondo el enfoque tiene un gran realismo. Veamos:

Cada medio de transporte se desenvuelve dentro de un ámbito muy particular, afectando y siendo afectado por el segmento de mercado al que atiende; luego pues, tanto su nivel de servicio como su tarifa deberán estar acordes con dicho mercado. Para dar un ejemplo: sería antieconómico proveer de un transporte de alta especificación a una zona que no permitiera una tarifa en consonancia con el servicio, de igual modo como resulta ilógico pretender resolver un problema de demanda masiva a base de un sinnúmero de vehículos minúsculos corriendo por todas partes.

De ahí que la diferencia entre los transportes deba verse tanto desde el punto de vista cuantitativo —una capacidad idónea en cada caso—, como desde una óptica cualitativa —qué sector de mercado atiende el servicio—; y es con tal óptica que ha de juzgarse el hecho de que la diversidad entre los modos debe ser una consecuencia de la variedad del mercado, y no un resultado de oportunidades o de costumbres.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Como puede observarse, no es posible dar recetas para configurar una estrategia tarifaria, mas sin embargo, al establecerla deberán observarse los siguientes lineamientos:

1. Una estrategia tarifaria debe considerar todos los modos, aun aquellos con tarifas reguladas o subsidiadas. En este caso, primero se fijará la tarifa de equilibrio, y después se adoptarían las medidas para atenuar o modificar sus efectos.
2. Las tarifas de equilibrio individuales habrán de tomar en cuenta los costos totales de cada servicio y en período probable de vigencia.
3. A partir de ahí y de acuerdo con las características de los mercados, se habrá de proceder a:

Reconsiderar, de ser necesario, la asignación modal de manera de especificar en cada sector de mercado el medio de transporte cuyo desempeño presente el menor costo global para la comunidad, y asimismo, estipular, también para cada sector de mercado, el cómo y el cuánto del módulo de aplicación tarifario; es decir, cuál será el monto de la tarifa y cómo se cobrará.

Plantear una fórmula práctica y aceptable para efectuar la revisión periódica de las tarifas, que deje abierta la vía para modificaciones súbitas o de índole transitoria, —quizá debidas a cambios en el precio de los energéticos—, o bien, menos circunstanciales y más programadas, pero más permanentes.

4. Finalmente, pero no lo menos importante, fijar las normas a las que deba de sujetarse cada servicio, estipulando, si fuera el caso, qué mejoras habrían de esperarse asociadas a los cambios de tarifa y en qué contexto habría que establecerlas.

Conviene traer a cuento el aforismo del principio del libro: "Los problemas del transporte no son los de una mayoría sino los de muchas y muy variadas minoría".

CAPITULO 9

LA ADMINISTRACION DEL TRANSPORTE

9.1. Introducción

Debe alertarse al lector no casual sobre el carácter notoriamente coloquial de este capítulo. Debido a la naturaleza del tema, se me ha hecho más fácil adaptarlo a mi propio estilo descriptivo y no a la mucho más fría óptica del simple enunciador de acontecimientos. Abundo en localismos, por razones obvias, y previendo algunas interpretaciones indecibles, quiero adelantar que todo lo que aquí se afirma, amen de lo que deriva de mi personal punto de vista, es perfectamente verificable, para lo cual se dan citas, referencias bibliográficas y notas suficientes.

No obstante lo anterior, y habida cuenta de no ser este texto un tratado político o sociológico, el acercamiento al tema se hizo de la manera más pragmática posible, intentando no caer en la tentación de adoptar posturas radicales en torno a las prácticas de hoy —cosa harto difícil, por lo demás, en virtud de las insoslayables conexiones políticas y económicas de los transportes de personas— y procurando reducir la exposición de argumentos a las proporciones mínimas que la temática exige. Reconozco no haber evitado del todo la exteriorización de mis particulares opiniones, pese a que puedan no concordar con la de otros. Espero que el juicio que se haga de ello no desvirtúe el principal objetivo de la obra (*N del A*).

Sigamos.

Hablar de la administración del transporte, (y supuestamente al nivel mundial), nos obliga a considerar una gama extraordinariamente amplia de organismos, instituciones, modalidades, y aun tesis ideológicas sobre el tema. El transporte, en especial el del ámbito urbano, se ha visto a través de los años una y otra vez, inmerso en el ojo de la tormenta de la polémica sobre la organización social.

El desarrollo del transporte en Latinoamérica refleja todos los avatares del ámbito sociopolítico de la región, inclusive por su divorcio de los esquemas clásicos correspondientes. Al parejo de lo que ha ocurrido en otras áreas de la actividad humana, el transporte ha sido el blanco de muy enconadas disputas al respecto de su estatus social y aun político. repercutiéndose esto en la forma de enfocar la administración del servicio.

9.2. Antecedente histórico

Esta síntesis de los antecedentes históricos del transporte urbano tiene como fin dar constancia de las condiciones que han incidido en la prestación de tan importante servicio. No es nuestra intención insistir en una versión más de la historia del transporte de las ciudades, nos concretaremos a aportar una somera descripción de lo que es relativo a los transportes de personas de concesión pública, en las áreas urbanas.

El transporte como tal es tan viejo como la misma sociedad. Moverse o trasladar algo de un punto a otro, por los motivos que sean, es sinónimo de libertad, interacción y progreso.

La primera noticia confiable sobre los inicios de lo que hoy constituye el transporte público de pasajeros data de 1662. Las «carrosses à cinq sols» de Blaise Pascal, que permitían 8 pasajeros sentados y eran tiradas por caballos, forman el más antiguo antecedente de un transporte público operando en ruta fija. Ese servicio sirvió cinco trayectos en París durante unos quince años; su declinación obedeció básicamente a una restricción impuesta por el Parlamento Francés, que prohibió el acceso al transporte a las personas de condición humilde —de donde se colige que en sus orígenes, el transporte público era en buena medida, elitista—. Después de ese tan eventual caso, no fue sino hasta 1826 y 1829 cuando, respectivamente, Stanislaus Baudry en Nantes, Francia, y George Shillibeer en Londres, instituyeron sendos servicios de «ómnibus». Supuestamente correspondió asimismo a Stan Baudry la obtención de los primeros permisos oficiales para operar 100 ómnibus en París.

En lo que compete a los Estados Unidos de América, la primera concesión la obtuvo Abraham Brower. Así, en 1827 empezó a trabajar una ruta en la ciudad de Nueva York, con un vehículo de doce pasajeros.

Como antecedente mexicano —contando a partir de 1900— la documentación de la época hace saber que el 22 de enero de ese año, el H. Ayuntamiento de la Ciudad —en México, DF— otorgó un permiso a la «Compañía de los Ferrocarriles del Distrito Federal», para explotar una línea de tracción eléctrica de México a Tacubaya. Posteriormente, a partir del 1º de marzo de 1901 la «Compañía Limitada de Tranvías Eléctricos de México», tomó a su cargo las diversas rutas que tenía en operación la Compañía de los Ferrocarriles. Muchos años después —en 1952— se fundó el organismo STE, «Servicio de

Transportes Eléctricos del Distrito Federal". Entre tanto, a raíz de una de las tantas huelgas que padeció la empresa tranviaria de 1914 a 1945 —acaso la de 1936—, nació la "Alianza de Camioneros de México, A. C.", la cual subsistió hasta un poco después de la estatización del transporte de la capital, ocurrida en el mes de septiembre de 1981. La Línea 1 del Metro empezó a operar el 20 de noviembre de 1969; con él apareció el organismo público STC, "Sistema de Transporte Colectivo Metro". En 1981 nació la nueva versión de "Ruta 100", que acogió todos los servicios operados hasta entonces por la Alianza de Camioneros de México. El organismo desapareció en 1996 y los servicios se concesionaron nuevamente a los particulares.

Aunque la transportación en "colectivos" databa de los años 50s, —en esa década aparecieron los llamados "peseros" y los primeros 500 "tolerados"—, su expansión ocurrió a raíz de la mencionada estatización del transporte, y como consecuencia del colapso que sufrió el servicio de autobuses por tal motivo.

En 1984, apareció por Decreto de Ley la "Coordinación General de Transporte del Distrito Federal" destinada a desempeñar la labor de integración de los distintos sistemas existentes en la Capital.

(En realidad ése era ya un viejo anhelo, cuyos antecedentes databan justamente del conflicto tranviario de 1943. En tal año la otrora Compañía de Tranvías propuso al gobierno la constitución de una corporación única de transporte que abarcara al sistema tranviario y al camionero. Esto no fructificó por la oposición de los propios trabajadores tranviarios, que ya entonces buscaban la formación de un organismo oficial descentralizado que los cobijara. No es de extrañar entonces que todavía a la fecha los concesionarios de todo el país —y de muchos países, si creemos en lo que narra el escritor peruano Hernando de Soto en su libro—¹ sigan en busca de un ámbito adecuado a ellos, en lo jurídico y en lo normativo, que los albergue).

Con la creación del órgano denominado "Consejo del Transporte del Area Metropolitana" —COTAM—, instalado en 1991 e integrado de modo tripartita por "Coordinación General de Transporte del Distrito Federal" —CGT—, la "Comisión del Transporte del Estado de México" —COTREM— y la "Secretaría de Comunicaciones y Transportes" —SCT—, se esperaba se dieran las condiciones que permitieran la aplicación de políticas consistentes, en materia de vialidad y transportes en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México —ZMCM—. El 27 de junio de 1994 el COTAM se transformó a su vez en la "Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad" —COMETRAVI— mediante el convenio firmado por los

¹ Hernando de Soto. "El otro sendero". Edit. Diana. 1987.0

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

titulares de la SCT, del Gobierno del Estado de México y del Distrito Federal, para conjuntar esfuerzos al nivel metropolitano. Esto casi coincidió con el aglutinamiento de todos los organismos implicados en el transporte del Distrito Federal —la CGT, el STE, el STC y COVITUR en una sola institución: la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal. Hasta ahí el estado institucional del transporte de la ZMCM en 1996.

En septiembre de 1907 se inauguró en Guadalajara la primera línea de tranvías² y en 1923 el primer servicio de pasajeros en autobús. En 1989, después de un amplio período de operación de una línea de trolebuses en subterráneo, nació el Tren Ligero de Guadalajara que, junto con la paraestatal Sistecozome y los servicios de la Alianza de Camioneros de Jalisco, integran el transporte de la capital tapatía. El Metrorrey regiomontano fue inaugurado en el año de 1990. Su singularidad radica en el hecho de que es operado por una empresa privada.

En la demás provincia mexicana, la formación de las organizaciones del transporte ha girado casi siempre en torno al siguiente proceso:

- a) La solicitud —y la subsecuente obtención— al gobierno local, de un permiso o concesión para explotar una o más rutas de transporte de pasajeros;
- b) la multiplicación paulatina de las rutas, casi todas ellas sugeridas por los mismos transportistas;
- c) la asociación de los transportistas en algún tipo de gremio u organización; y
- d) la constitución de alguna agrupación rectora privada, destinada a dirimir las desavenencias entre los transportistas y a darles cierta representatividad ante el gobierno. También de un modo general, se les conoce como "Alianzas de Camioneros", o bien, "Agrupaciones de Taxistas" en el caso de los llamados "colectivos", quienes frecuentemente antes de operar las rutas fijas fueron taxistas de itinerario libre.

Al igual que en México, en Lima (Perú), en Manila (Filipinas), en Caracas (Venezuela) o en Montreal (Canadá), el acontecer ha sido semejante. Quizás así se explique el porqué de esa tendencia de algunos organismos internacionales, de encasillar de manera uniforme a los transportes de personas, sin consideración de la situación social y económica del lugar y del momento.

² Ruta Plaza de Armas Agua Azul San Pedro "A Corazón Abierto". Marcos Arana Cervantes. 1994.

9.3. Administración pública o empresa privada³

Si buscáramos argumentos en pro y en contra de una o de otra alternativa, seguramente no faltarían. En la larga historia del transporte instituido, los diferentes logros alcanzados por ambos tipos de organización han dado ya suficiente evidencia de buenos y malos resultados como para poder extraer de ellos toda una plétora de conclusiones. Aunque algunos de tales resultados ya fueron insinuados en los Capítulos 7 y 8 al tenor de los aspectos económicos, no se agotó su contenido y los veremos repetidos aquí bajo una óptica levemente diferente. Así, se dice que:

La administración pública del transporte...

- Salvaguarda el interés público y protege al usuario cautivo de los avatares económicos de la sociedad;
- permite organizar la operación según las necesidades de las mayorías. Pero también,
- atenta contra la eficiencia del servicio al no conseguir un buen equilibrio entre los componentes económicos;
- radicaliza el problema del transporte, al orientarlo hacia una supuesta mayoría, contraviniendo la tesis de que la demanda está formada de muchas y muy variadas minorías;
- es proclive a exagerar las prácticas burocráticas, casi en todas las áreas del servicio.

Por su parte, la empresa de transporte privada...

- ve por el interés de los usuarios a través de su propio interés: lo que es bueno para la empresa, se dice, también lo es para sus pasajeros;
- garantiza una mayor eficiencia operativa, a la vista de su necesidad de optimizar recursos;

³ El nombre del apartado proviene del título de una ponencia presentada en el "I Seminario y Exposición Nacional sobre el Transporte Urbano y Suburbano de Pasajeros" celebrado en 1990 en la Ciudad de México. Aunque el debate que sugiera el título nunca ocurrió y el tema derivó hacia planteamientos mucho menos polémicos, el trasfondo de la pregunta quedó ahí y ahora nos sirve para dar un enfoque coherente a la revisión de la disyuntiva *(W. del A)*.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- es beneficiaria de una considerable flexibilidad, tocante al suministro de transporte. Aunque, también,
- ignora a menudo los aspectos subjetivos del transporte, en beneficio de su equilibrio económico;
- el interés de los usuarios no siempre coincide con el de la empresa que los transporta.

Una verdad escueta es que todo esto es cierto y no hay por el momento un consenso en cuanto cuál es la alternativa mejor. Aunque a últimas fechas, y probablemente a causa de varios sonados fracasos de la administración pública del transporte, parece estarse presentando una vertiente de opinión favorable hacia la empresa privada de transporte. Esto conlleva, desde luego, todos los inconvenientes anotados arriba, casi siempre inciertos para el permisionario que sólo ve el servicio como negocio ocasional, y para el público, que a veces no tiene otra mejor opción que resignarse o adquirir un automóvil propio.

Conviene tener siempre presente la tesis de que el transporte público es indispensable para el correcto funcionamiento de la sociedad en general y de las ciudades en lo particular. La época en que se pensaba que la mejor solución radicaría en la posesión de un auto particular para cada quien «...con tal que se tuviera un lugar donde estacionarlo en cada extremidad del viaje»,⁴ ya quedó atrás y no es necesario insistir en los motivos de ello. De ahí que lo que resta es hallar la mejor forma de administrar los transportes públicos.

9.4. Variantes en la organización

Existen incontables ejemplos en cuanto a la organización de los transportes, tanto al nivel público como empresarial o privado. Se han seleccionado algunos de ellos, por constituir los más o menos típicos para ilustrar sobre esta cuestión.

⁴ Marc Langevin. "Les transports dans les grandes villes". Ciclo de conferencias. Paris. 1944.

9.4.1. Organismos de Administración Pública

Para ejemplificar la modalidad se escogieron los cuatro casos siguientes, cada uno por las causas específicas que se indican y que les da un particular interés. Se soslayaron los entes gubernamentales puramente controladores, prefiriendo aquellos especialmente dedicados a la explotación, y con un historial que los hace significativos.

9.4.3. Casos de organización pública de los transportes

- 1) Régie Autonome des Transports Parisiens (Francia).
- 2) Sistema de Transporte Colectivo Metro (México).
- 3) Autotransportes Urbanos de Pasajeros Ruta-100 (México, 1993).
- 4) Empresa Nacional de Transporte Urbano del Perú —ENATRU-PERU— (Lima, Perú).

9.4.1.1. Régie Autonome des Transports Parisiens

La Compañía Autónoma de los Transportes Parisinos —R.A.T.P.—, agrupa y controla todos los medios de transporte de pasajeros de la Región de los Transportes de París, sea con medios propios, mediante convenios con la Société National des Chemins de Fer —SNCF—, o mediante la contratación de servicios a la APTR —Asociación de Transportistas Privados—.

Datos generales del sistema

El ámbito en que se desempeña la RATP abarca cuatro sistemas: el Metro urbano, el Expreso Regional RER, y las redes de autobuses urbanos y de la periferia próxima. Finalmente, en la periferia más alejada los movimientos se satisfacen a través de la SNCF, es decir, la Sociedad Nacional de Ferrocarriles.

Organización

Su organización comprende un esquema jerarquizado que va desde un Director General, auxiliado por dos directores adjuntos, más 9 direcciones de área y 35 departamentos. Tan desmesurado número de divisiones obedece al hecho de que maneja lo mismo la planeación que la opera-

ción, y tanto la red ferroviaria urbana —el Metro— como el Metro Regional, la red suburbana de cercanías y el sistema urbano de autobuses.

Estado de situación

La RATP es una institución bastante antigua y en ella descansa prácticamente todo el transporte de la Región Parisina. El presupuesto que maneja, por demás considerable, le permite ejecutar obras de infraestructura de gran envergadura, subsidiar parcialmente la tarifa y mantener una sostenida actividad de tipo técnico que la hace acreedora de un considerable prestigio mundial.

En cuanto a su organización, a la vista de aquellos resultados que son visibles, puede decirse que cumple su cometido. Algunas veces se ha dicho que su gestión es más bien lenta (esto lo ha expresado la misma RATP), y que no tiene facilidad para la toma rápida de medidas de adaptación a los cambios, sobre todo en el diseño de nuevas rutas. Es posible que ello sea cierto, mas no hay que perder de vista que la región parisina está bastante consolidada y su estructura urbana permite y obliga a una postura prudente en ese sentido. Lo cierto es que una buena cantidad de innovaciones aplicables al transporte de personas, ha salido del seno de la RATP.

9.4.1.2. Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC)

Es un Organismo Público Descentralizado, creado por decreto de Ley el 19 de abril de 1967. Tiene como función primordial operar el Metro de la Ciudad de México. La planeación y las ampliaciones del Metro están a su cargo desde 1995. Antes lo realizaba la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal —COVITUR—, ahora dedicada a las tareas de construcción.

Datos generales del sistema

En la fecha de elaboración de esta nota monográfica el Sistema contaba con 10 líneas, 178 km totales y 156 km de vías en operación. Durante 1989 llegó a transportar 1,542,934,195 pasajeros.⁵ Algunos datos relevantes de la operación del Metro se presentan en la Tabla 9.1 adjunta.

⁵ El valor citado es el máximo de entre todos los publicados por el organismo (*N del A*).

Cuadro 9.1. Datos relevantes del Metro de la Ciudad de México

CARACTERÍSTICA	DATO
Año de inicio de la operación	4 de septiembre de 1969
Número de líneas (1996)	10
Longitud total de la red	178 km
Número de estaciones	154
• Terminales	16
• de paso	102
• de correspondencia (no terminal)	16
Pasajeros transportados	
• promedio en día laborable (según el INEGI, 1994)	3,906,000
• al año (según el STC, dato de 1995)	1,474 millones
Intervalo mínimo de paso (promedio de la red)	115 segundo
Velocidad máxima especificada	70 km/hr
Velocidad comercial	34 km/hr
Composición y largo del convoy	9 carros/150 m
Capacidad nominal de la unidad operativa (sin sobrecarga)	1,580 pasajeros
Ocupación máxima estimada por convoy	2,200 pasajeros
Número de puertas de apertura simultánea (carro/convoy)	4/36
Fórmula tarifaria	clase única, tarifa única y correspondencia libre
Precio del boleto comprado solo	\$ 1.30
Precio de la planilla de 25 boletos	\$ 27.00 (\$ 1.08/boleto)
Precio del abono de transporte (quincenal)	\$ 24.00

(*) La línea A tiene rodamiento ferreo y toma de energía por catenaria

Fuente: Sistema de Transporte Colectivo Metro. Programa Maestro del Metro (1996).

Cuadro 9.2. Distribución modal en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MODOS DE TRANSPORTE (núm. veh y viajes por servicio)	1991		1992		1993		1994	
	veh (miles)	viajes (millones)	veh (miles)	viajes (millones)	veh (miles)	viajes (millones)	veh (miles)	viajes (millones)
Metro	2.3	4.0	2.4	5.0	2.5	5.2	2.6	3.9
Ruta 100 (sistema estatal)	3.5	4.2	3.6	4.3	3.7	4.4	3.8q	1.9
Transporte concesionado	0	0	0.3	0.1	0.6	0.2	1.0	1.2
Sistema eléctrico	0.4	0.2	0.5	0.2	0.5	0.5	0.4	0.2
Transporte privado	7.1	5.5	6.5	5.9	6.4	5.8	6.2	5.6
Servicio en Combis	30.3	2.7	28.8	2.6	21.5	1.9	14.3	1.3
Servicio en Microbuses	35.1	5.9	50.8	8.5	58.8	9.8	68.1	14.8
Taxis libres y de Sitio	56.5	1.2	55.0	1.1	55.0	1.1	54.0	0.7
Autos particulares	2,372	4.7	2,620	4.9	2,750	5.2	2,880	4.8
SUMAS	2,707	28.4	2,718	32.6	2,849	34.1	2,981	29.2

Fuente: Programa Integral de Transporte 1992. Proyecciones. Coordinación Gral. de transporte. DDF.

Los viajes de 1994 fueron tomados de la encuesta de Origen y destino de la ZMCM. (INEGI).

Organización

Se trata de una organización bastante compleja. Los cuadros de mando comprenden (1994) una Dirección General, 4 subdirecciones, 10 gerencias, 11 subgerencias, y 23 departamentos.

Pese a que los nombres de varios de sus departamentos no aluden directamente a las cuestiones operativas, muchos de ellos dependen de la Gerencia de Operación. Esto testimonia el carácter eminentemente operativo del Sistema.

Estado de situación

Pese a tratarse de una institución estructurada de manera burocrática, se ha sustraído bastante a sus defectos. Hoy por hoy ensaya con buen éxito una pertinaz búsqueda de la excelencia, y ello sin soslayar el hecho de manejar uno de los Metros más eficientes y eficaces del mundo —las cifras de su operación son impresionantes desde todo punto de vista—. Es cierto que su presupuesto es deficitario, pero esto obedece más a cuestiones de índole política que a aspectos puramente administrativos.

9.4.1.3. Autotransportes Urbanos de Pasajeros Ruta-100⁶

Este organismo nació a raíz de la municipalización del transporte urbano de la Ciudad de México, en septiembre de 1981 —de hecho se transformó, pues ya existía una Ruta 100, aunque con otro carácter y otras dimensiones—. Tuvo la expresada finalidad de dar cabida a las instalaciones y equipos expropiados a los concesionarios de la Alianza de Camioneros de México, y asumir los servicios de esa organización.

Datos generales del sistema

Al inicio de sus operaciones, Ruta 100 habría tenido la encomienda de atender una demanda estimada en 6,000,000 de viajes-persona/día, lo que se efectuaría mediante unos 5,700 autobuses, operando sobre 500

⁶ Durante el desarrollo final de este trabajo el organismo que se trata fue declarado en quiebra, y a la fecha (1996) está todavía pendiente de resolverse la fórmula que se adoptara en lo sucesivo, de ahí que es posible que algunos comentarios que se hacen resulten extemporáneos o desajustados a la realidad. Se sugiere entonces que estos se acepten con las reservas del caso y referidos únicamente al periodo entre 1981 y 1994 (*W del A*).

recorridos. Aunque la información no es muy exacta (diversas fuentes indican cifras diferentes) el orden de magnitud está correcto.

En la actualidad la situación, conforme a fuentes de Ruta 100 y de la CGT (datos publicados en 1987 y actualizados en 1993), se presenta como sigue:

La empresa maneja 239 recorridos distintos y opera con 3,860 autobuses sobre 7,500 km. Transporta del orden de 6,000,000 pasajeros/día, —cifra que parece estar por encima de lo razonable—. No obstante, pese a una merma considerable en el número de pasajeros transportados orillada por los “colectivos”, sigue estando en un buen sitio en la transportación de la Ciudad de México. La Tabla 9.2 muestra cuál era la distribución modal en Ciudad de México en 1990.

Organización

Su organización está (estuvo) altamente departamentada, contando, a partir de una Administración General que la encabezaba, 3 direcciones, 12 gerencias y 60 departamentos. Buena parte de ella —sobre todo en lo referente a los «módulos» de servicio o depósitos-talleres—, estaba descentralizada. Un aspecto interesante que se puede comentar fue el intento de tener instalaciones propias para “repotenciar”⁷ las unidades y la sistematización del mantenimiento.

Estado de situación

Comentar con detalle sobre la situación en tal momento de la Ruta 100 significa formular hipótesis en exceso. La información alusiva a la empresa, salvedad hecha de algunas cifras publicadas en revistas, no estuvo disponible. Sin embargo, no se ocultó el hecho de que su economía y su operación tuvieron multitud de problemas. El parque vehicular mermó mucho de 1981 a la fecha, básicamente por obsolescencia del equipo —aunque en 1991 se agregaron 1,000 autobuses nuevos al servicio—; la programación era irregular, (hubo rutas muy bien operadas y otras que lo fueron de modo deficiente), e inclusive se seguían añejas prácticas operativas que subemplearon o sobrecargaban los equipos (se

⁷ Reconstruir de manera integral las unidades de transporte para incrementarles la vida útil (*N. del A.*).

aplicó la operación en convoy donde no era necesaria y se persistió en alargar en demasía los trayectos y en exagerar los tiempos de espera en las terminales).

El organismo, sin que se sepa a ciencia cierta su monto real, estaba bastante subsidiado. El importe (\$0.40) de la tarifa alcanzaba a cubrir sólo una parte (80%) del costo de la operación. Y por la misma extensión de la ciudad, que hace que la longitud promedio del viaje sea alta, se agravaba la distorsión que padecía el precio del pasaje; no tenía tarifa diferencial. Finalmente, en torno a la eficiencia administrativa del servicio, las cifras del personal adscrito que se han publicado son inciertas y en obvio de caer en falsedades, se opta por mejor no mencionarlas.

9.4.1.4. Empresa Nacional de Transporte Urbano del Perú

ENATRU-PERU nació en Lima en 1976. Estuvo destinada a sustituir a la Administradora Paramunicipal de Transporte de Lima (APTL).⁴

Datos generales del sistema

En la época citada la empresa operaba en 16 rutas con 510 vehículos —160 autobuses convencionales más 50 autobuses dobles—, de los cuales 257 trabajaban normalmente. Los pasajeros transportados arrojaban una cifra aproximada de 260,000 viajes-persona/día (1,000 pas/veh/día). Contaba con un taller de 30,000 m², capaz de dar mantenimiento a 300 unidades.

La participación de ENATRU-PERU en el mercado del transporte de Lima era de 7.5%, en cuanto a rutas y de 5%, en cuanto a viajes-persona/día. El resto de la transportación estaba a cargo de los microbuses de "Transportes Lima Metropolitana Empresa de Propiedad Social" (TLMEPS) y de los transportistas irregulares —el "transporte informal"—. Noticias recientes mencionan que la empresa desapareció ya.

⁴ Los datos que se anotan fueron proporcionados directamente al autor y corresponden a 1980 (N del A).

Organización.

ENATRU-PERU dependía del Ministerio de Transportes, a través de la Dirección General del Transporte Terrestre. Su organización interna la presidía un Consejo Directivo, e incluía una Gerencia General y tres gerencias de área: transporte, mantenimiento y administración.

Estado de situación

El transporte de Lima se sitúa (aún conserva todas las singularidades que tenía en 1980) en el seno de un fenómeno contemporáneo: el llamado "transporte informal", o como ahora empieza a conocerse: la "economía subterránea" del transporte. No es impropio afirmar que constituyó desde los años sesenta un anticipo de lo que habría de producirse en otros lugares, años más tarde —en la Ciudad de México a partir de 1981—.

La ENATRU-PERU fue una más de las diversas acciones emprendidas con el ánimo de superar los problemas implicados en el transporte irregular de la Lima metropolitana.⁹ La organización era muy simple, y por lo que se veía, eficiente. Quizás la falta de una adecuada legislación y el juego político de las tarifas —los cuales no son privativos del Perú, por supuesto— le impidieron un mejor desempeño.

9.4.2. Organismos de Transporte Privados

También de este tipo se seleccionaron varios casos, a saber:

- 1) Alianza de Camioneros de México, AC. (entre 1973 y 1981).
- 2) Omnibus de Irapuato (Guanajuato, México).
- 3) Autobuses Lomas de Chapultepec, Reforma, Ruta 100 (entre 1969 y 1981).
- 4) Red Integrada de Transporte de Curitiba.

⁹ Las ventajas que aporta, sobre todo a los transportistas, el transporte irregular es indudable, pero esto no soslaya el preocupante hecho de su manifiesta falta de orden, así como de sus otras importantes omisiones: seguridad, confort, régimen fiscal, etc. (N de la A)

9.4.2.1. Alianza de Camioneros de México, A. C.¹⁰

La Alianza de Camioneros de México vivió dos etapas en su organización: la anterior a 1973, cuando servía únicamente de elemento aglutinador de las 86 fracciones —empresas, cooperativas, sindicatos y permisionarios individuales— constituyentes del servicio, y la del período comprendido entre 1973 y 1981. Durante esta segunda etapa, los más de 3,000 propietarios de las 5,700 concesiones se agruparon en 20 empresas comerciales —sociedades anónimas de capital variable—, que la Alianza coordinaba y representaba.

Datos generales del sistema

Muy someramente, en 1978 la descripción global del organismo comprendía: 20 grupos empresariales, 534 trayectos, 12,130 km de red y 7,800 concesiones que permitían tener 5,600 autobuses en operación, como promedio diario. Las cifras de pasaje transportado montó de 5.7 a 6.2 millones (viajes-persona/día) de 1973 a 1978, con el mismo número de unidades.¹¹

Organización

La organización de la Alianza sólo puede entenderse bajo la óptica de su función inicial: la de un ente de índole gremial. De ahí que su organigrama no corresponda en absoluto a lo que sería propiamente una empresa operadora del transporte. En ese sentido el esquema organizativo quedaba complementado con el de las propias empresas a quienes representaba, y con las cuales parecía formar un solo ente global.

Estado de situación

La funcionalidad del organismo, aunque avanzó muy considerablemente en las áreas mencionadas antes, conservaba deficiencias que no llegó a

¹⁰ Se ha creído útil comentar el caso porque, a pesar de tener una configuración organizacional *sur génesis*, se promovieron y adoptaron medidas propias de formas avanzadas de gestión empresarial, por ejemplo: adquisición masiva de equipos y refacciones, operación integrada dentro de los "Grupos" que la conformaban, terminales y talleres consolidados, etc. aspectos por los que aún se lucha. No hay que olvidar que ya desde antes privaba en el medio el "hambre-camión", o sea el concesionario individual, encargado personal de operar su propio vehículo, adquirir refacciones, darle mantenimiento y administrar sus ingresos (*N del A*).

¹¹ Estos datos provienen de la extinta Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes del Distrito Federal (1971 - 1978) (*N del A*).

resolver. De entre ellas lo menos eficiente eran las técnicas de la operación y la capacitación del personal, muy en particular la de los choferes y despachadores. Fueron esos aspectos los que mantuvieron deteriorada la imagen del transporte, a pesar de las importantes inversiones que hicieron en equipo rodante, talleres y otros.

9.4.2.2. Omnibus de Irapuato

Esta es una organización pequeña establecida en una ciudad también pequeña. Irapuato tiene hoy unos 360,000 habitantes (según el censo de población de 1990) y la empresa aludida cubre sólo el 14% de los viajes-persona/día. Ello no impide, sin embargo, que posea un singular esquema organizacional.

Datos generales del sistema

Irapuato cuenta con 654 vehículos en el servicio de transporte público de personas, de los cuales 163 son Combis, 111 son autobuses y 106 son microbuses. Cubren 371 km de rutas sobre 26 trayectos, y mueven 200.000 pasajeros diariamente. En forma muy general puede decirse que se trata de un sistema bastante equilibrado, cuyos problemas estriban básicamente en la edad del parque vehicular y en una política de sustitución de unidades poco coherente. Dentro de ese esquema, Omnibus de Irapuato posee 20 autobuses¹² que explotan una única ruta y transportan del orden de 4.500 pasajeros al día.

Como puede verse, tal estadística ratifica el aserto de ser empresa pequeña, y hace especialmente interesante su organización, aparentemente compleja a la vista de su tamaño.

Organización

Omnibus de Irapuato está constituida como sociedad anónima de capital variable. Está dirigida por una presidencia que delega la responsabilidad técnica y administrativa, respectivamente, en una Dirección Técnica y en una Gerencia Administrativa. Al nivel funcional, tiene tres departamentos: Rutas, que ha de entenderse como el departamento encargado de la operación, Taller, y Contabilidad e Informática.

¹² La cifra de 20 autobuses es considerada el mínimo que permitiría una organización empresarial (*W del A*).

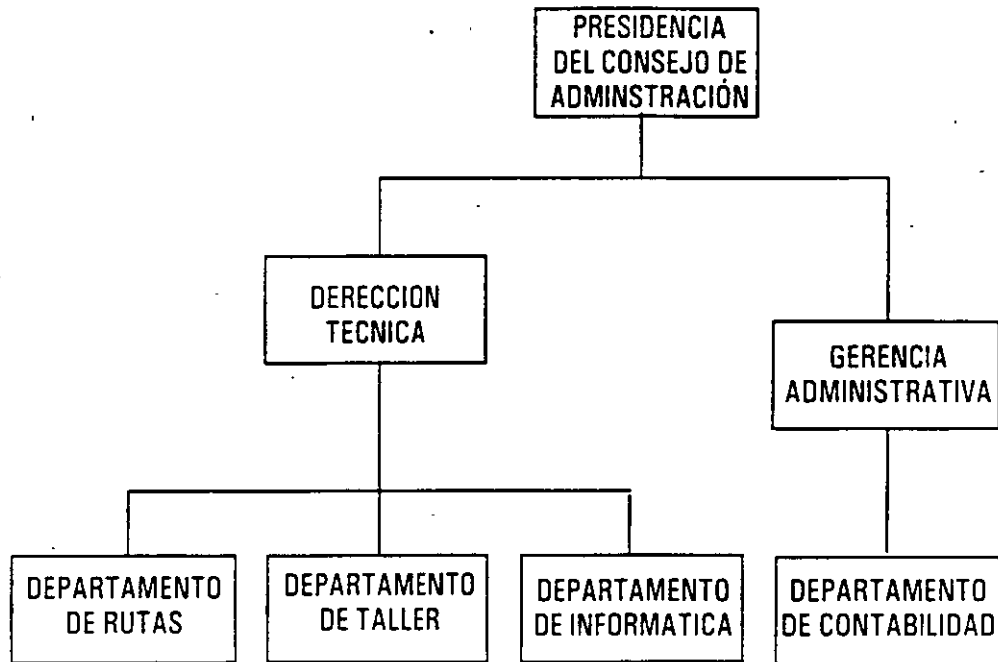


Figura 9. Organigrama de la empresa Omnibus de México de Irapuato (México).

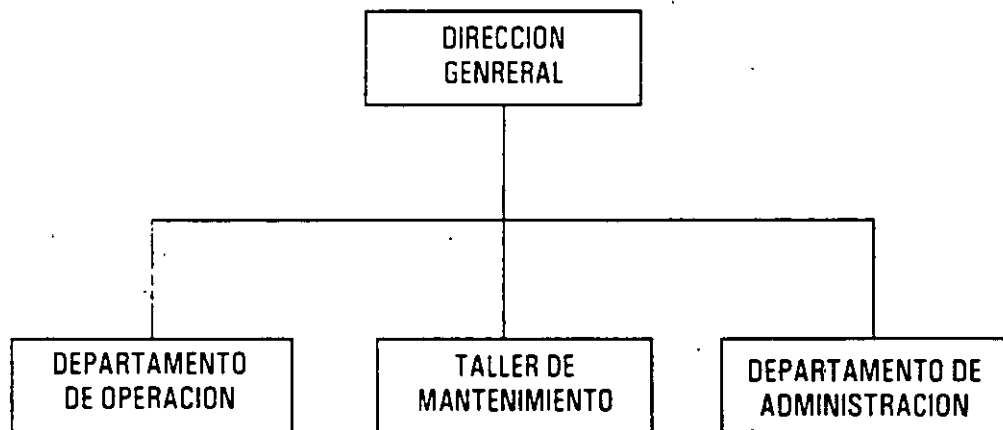


Figura 9.1. Organigrama de la Linea Lomas Chapultepec - Reforma (1969-1981).

Estado de situación

Como otras organizaciones más, Omnibus de Irapuato opera con un precario equilibrio financiero, apenas atenuado por los ingresos propios del taller, que se obtienen de vender servicios de mantenimiento a otras organizaciones. Aparte, ha logrado abatir sus costos a base de una buena organización operativa y mediante una observación continuada y cuidadosa de sus estadísticas (rendimientos, fallas, costos). En buena medida, y de ahí el hecho de haberla usado como ejemplo, puede afirmarse que es una empresa con una buena reputación.

9.4.2.3. Autobuses Lomas de Chapultepec - Reforma

La *Ruta-100* (la antigua Ruta 100) provino de un complicado proceso al que orilló la quiebra y posterior requisa e intervención del gobierno de una Línea de autobuses de segunda clase —la Ruta 39— de la capital mexicana.

La sucesión de eventos culminó con la decisión del propio gobierno de la ciudad de facultar al ente paraestatal provisto de la representatividad de los transportistas de la Ciudad de México —la Unión de Permisarios de Transporte de Pasajeros en Camiones y Autobuses del Distrito Federal—, para dar cuerpo a una organización operadora, de gran similitud en su funcionamiento con una empresa privada. A la postre esa decisión conllevó numerosas ventajas para el servicio en general; el organismo configuró un esquema piloto, tanto en lo administrativo como en lo operacional. De esa práctica se extrajeron no pocas experiencias, difíciles de conseguir de entre los permisarios restantes.

Datos generales del sistema

La etapa más significativa de la Ruta-100 coincidió con la época de la Alianza de Camioneros ya comentada (apartado 3.4.2.1); luego, la información sobre el sistema general es la misma. En el momento de la intervención fiscal la Línea operaba sólo 3 recorridos con 122 unidades ya obsoletas. Con el cambio de administración los servicios aumentaron hasta 9 trayectos, operados con 150 autobuses, que se convirtieron en 200 al momento de la reestructuración del transporte urbano acaecida entre 1973 y 1977.

Organización

La organización en sí era bastante simple. Una cabeza directiva al frente de tres departamentos o segmentos funcionales: Administración, Operación y Taller de Mantenimiento. Su simplicidad contrastaba en cierto modo con sus iniciativas, entre las que pueden citarse:

- Orden administrativo y financiero;
- Tecnificación de la operación —si bien incipiente, desusada en el medio—.
- Relaciones industriales (laborales) de alta concepción;
- Adecuado nivel de servicio.

Estado de situación

La versión 1969-1981 de la Ruta-100 desapareció con la estatización del transporte; su esquema legal sirvió de base para la reconfiguración que habría de sufrir el sistema. En cuanto a los resultados logrados en esos doce años, estos fueron muy positivos y a la distancia, reconfortantes. Evidenciaron que es bien posible mejorar la imagen tradicional del transporte con base en la organización y la técnica.

9.4.2.4. Red Integrada de Transporte de Curitiba -RIT-

El actual sistema de transporte de Curitiba (1995) inició su implantación en la década de los 70s de acuerdo con un plan que incluía el desarrollo y crecimiento económico de la ciudad, a lo largo de un cierto número de *ejes estructuradores*, en lugar del tradicional esquema de crecimiento urbano libre. En tales ejes se integraría la principal red de transporte.

Datos generales del sistema

Dice un reporte sobre la RIT¹³ que cuando se implantó la primera línea de autobuses en Curitiba, el sistema servía a 27,000 pas/día. Hoy la cifra asciende a 800,000 pas/día, que para una ciudad de 1.6 millones de habitantes, es bastante considerable, sobre todo tomando en cuenta su elevado índice de motorización.

¹³ "Curitiba Rede Integrada de Transporte". Urbanização de Curitiba, S.A Prefeitura da Cida de Curitiba.

Actualmente la RIT –Red Integrada de Transporte (de Curitiba)– tiene una extensión de 900 km, compuesta de la siguiente manera:

- 60 km de líneas de autobús sobre los ejes estructuradores;
- 300 km de rutas alimentadoras que concentran a los pasajeros en las terminales de transporte;
- 185 km de líneas interdistritales, que conectan la red de terminales;
- 250 km de líneas expreso.

Organización

El sistema de transporte está totalmente en manos de la iniciativa privada y en general cubre sus gastos de transportación –no está subsidiado–. La Red es operada por la empresa paraestatal URBS –Urbanização de Curitiba, S.A.– pero a los autobuses los operan, como ya se indicó, varias empresas privadas, a las que URBS paga mediante costos acordados por kilómetro, con un resultado garantizado de 10% sobre el valor de la tarifa. Como los precios pagados son los mismos para todas las empresas, la ganancia real depende de la eficiencia con que se logre operar.

Estado de situación

Adicional al comentario de los datos generales del sistema, cabe agregar que en sus rutas troncales la RIT trabaja con vehículos articulados y bi-articulados, lo cual, aunado a buenos procedimientos operativos, le dan un desempeño muy por encima de lo convencional –se estima que con una capacidad nominal de 160 pas/veh se es capaz de transportar 23,000 pas/hora en una ruta–.

9.4.3. Instituciones controladoras y reguladoras

En este apartado se mencionan y se comenta sobre algunos de los organismos dedicados a la regulación o al control de los transportes urbanos. Nuevamente la gama de selección procuró incluir ejemplos típicos de todas partes, aunque no se oculta la predominancia de casos mexicanos por ser mejor conocidos.

- 1) Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad –COMETRAVI–.
- 2) Departamento de Transportes de Pennsylvania (EUA).

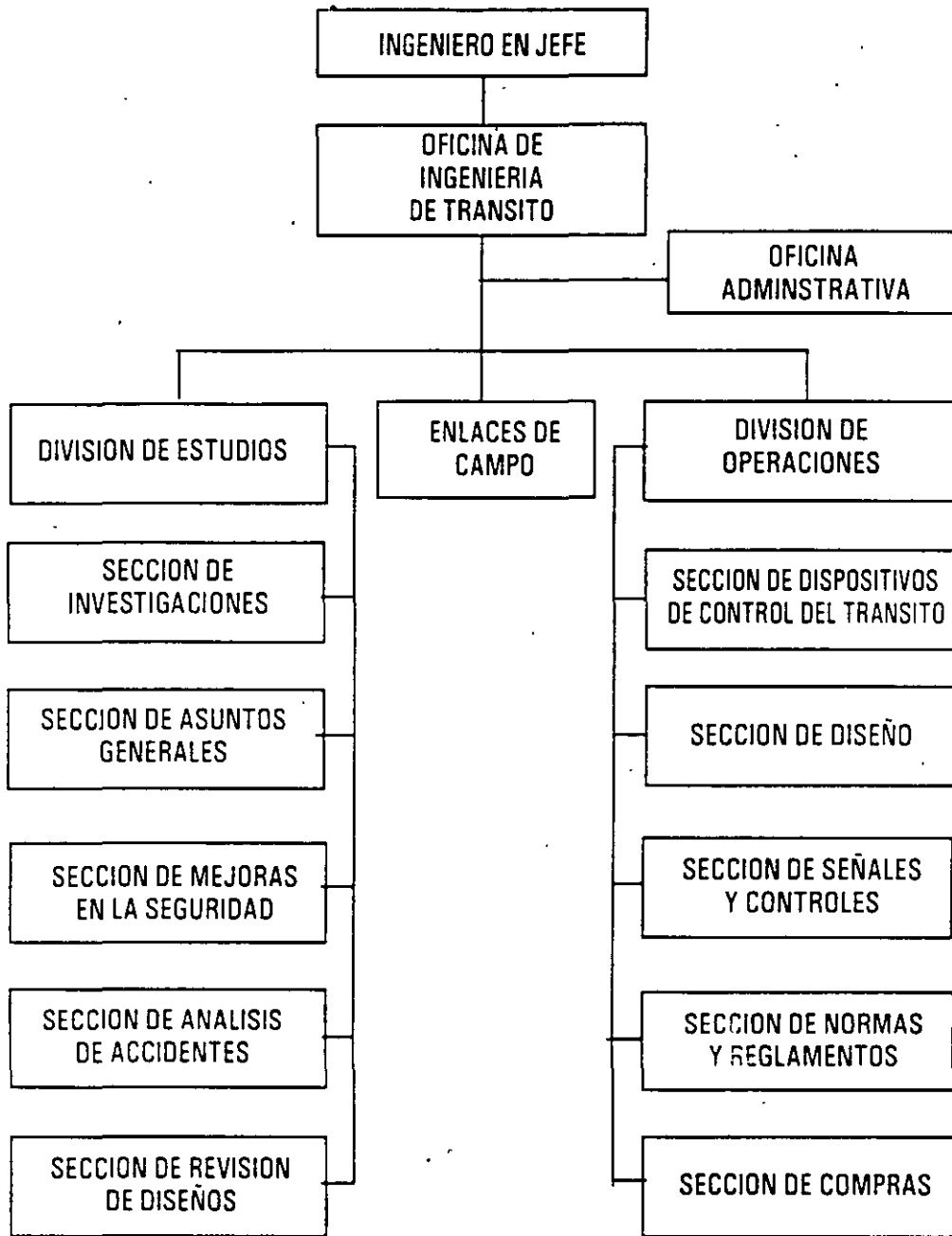


Figura 9.2. Organigrama del departamento de transportes de Pennsylvania

302

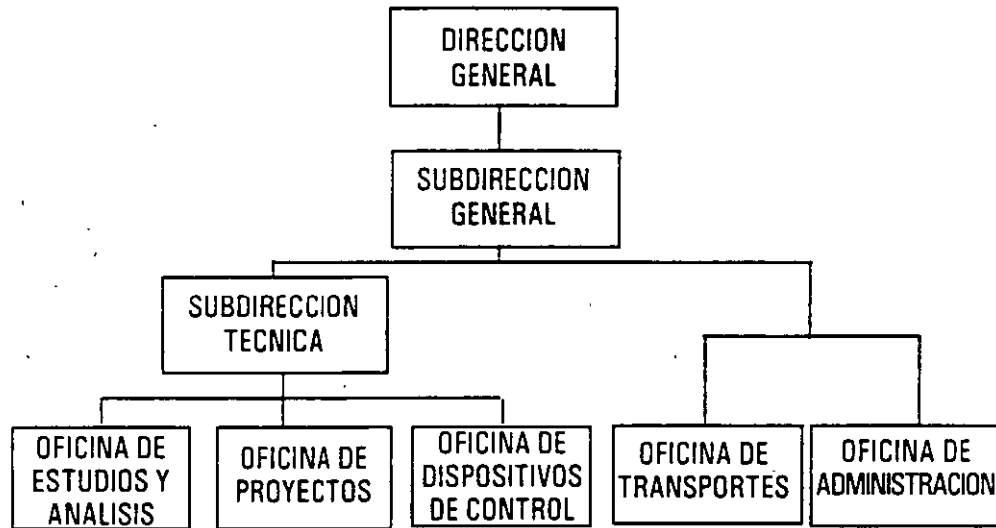


Figura 9.6. Organigrama de la dirección de Ingeniería de Tránsito y Transportes

- 3) Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes del Distrito Federal (México. 1971-1977).
- 4) Instituto Mexicano del Transporte.

Por su propio carácter no ejercen funciones operativas, sólo normativas y, en cierta medida, de control. Los comentarios se concretan entonces a la simple descripción de su cometido y algunos otros detalles dignos de mención.

9.4.3.1. Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad

Fue creada por decreto de Ley el 27 de junio de 1994. Como fue indicado antes (ver el apartado 9.2) sustituyó al órgano COTAM –Consejo de Transporte del Area Metropolitana– en la coordinación de tareas de las tres entidades participantes: la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Estado de México, y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la Federación. Su función es exclusivamente normativa.

9.4.3.2. Departamento de Transportes de Pennsylvania

En los Estados Unidos de América, la existencia de organismos especialmente enfocados a atender los transportes urbanos ha testimoniado un sensible crecimiento en los últimos años. Los departamentos estatales de transporte –los State Departments of Transportation (DOTS)–,¹⁴ están presentes en más de la mitad de las entidades de la Unión Americana. En la mayoría de los casos los DOTS absorbieron los antiguos departamentos de Ingeniería de Tránsito, si bien su papel no cambió substancialmente en aquellos en que esta última actividad permaneció inserta en alguno de los departamentos tradicionales –Carreteras Estatales u Obras Públicas–.

Conviene hacer notar que el enfoque americano del transporte de personas, en general difiere del que prevalece en casi todos los demás países, aun en aquellos que, como Alemania, Gran Bretaña, Japón o Francia, disfrutan de elevados índices de motorización. En los EUA el mayor número de viajes-persona se realiza en los transportes privados, por lo que no es inusual hallar organizaciones como la del Departamen-

¹⁴ "Transportation and Traffic Engineering Handbook". Institute of Traffic Engineers. 1976. p 998.

to de Transportación de Pennsylvania que, a pesar de su nombre, siguen desempeñando labores orientadas al tránsito vehicular más que a la operación del transporte colectivo.

9.4.3.3. *Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes —DGITT. México, D.F. 1971-1978—.*

Este organismo tuvo una vida efímera, que puede suponerse fue una transición para alcanzar mejores niveles de desempeño en la planeación y supervisión de los transportes de la capital mexicana. Sus funciones fueron básicamente normativas, aunque cumplió tareas de planeación y de diseño sobre aspectos viales, y con cierta operatividad en los ámbitos del control del tránsito y los transportes.

Hasta su creación, acaecida en 1971, las actividades que después fueron su responsabilidad estaban diseminadas entre cinco organismos públicos, lo que impedía el manejo coordinado de las tareas y la formulación de políticas coherentes en materia de tránsito y transportes. Así, los estudios y los proyectos viales, los estacionamientos, y una planeación rudimentaria de los transportes públicos, dependían del área de Planificación del gobierno de la ciudad; los dispositivos de control —los señalamientos y los semáforos—, estaban bajo la jurisdicción de la policía de tránsito, al igual que los taxis; y, finalmente, en cuanto a los transportes de pasajeros: Metro, autobuses y trolebuses, cada uno de ellos obedecía a su propio ámbito jurisdiccional casi sin ligas entre ellos.

Con respecto al transporte de personas, durante su gestión se llevó a cabo una profunda reorganización de la red de autobuses, la cual incluyó la sustitución casi total del parque vehicular obsoleto, la reestructuración de los trayectos del sistema de superficie, y la reconfirmación jurídica y económica del sistema.

9.4.3.4. *Instituto Mexicano del Transporte —IMT—.*

Este organismo se maneja en el ámbito Federal bajo la jurisdicción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, —SCT— con nivel ministerial. Sus acciones y responsabilidades se ocupan del ámbito regional o interurbano, muy de acuerdo con la instancia institucional de la que depende: la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la Federa-

ción. No tiene injerencia en los ámbitos urbanos, por razones jurisdiccionales.¹⁵

Nuevamente se pone de manifiesto en esta sinopsis descriptiva el hecho de que a menudo las formas no explican totalmente el acontecer. Los organismos comentados, radicalmente distintos, desempeñaron sin embargo cometidos semejantes, cada uno en su propio entorno y bajo sus propias circunstancias.

9.5. Alternativas de organización

Aunque las formas de organización bajo las cuales puede alojarse el transporte son varias, parece haber un consenso en el sentido de que la mejor de ellas es la fórmula empresarial, quizás bajo la figura de la sociedad anónima de capital variable, como en cualquier otra empresa industrial o de servicios. No obstante la razón que pueda asistir al comentario, es indudable que la organización actual del servicio no puede sustraerse a los efectos de su propio desarrollo; los transportistas carecen por lo común de la formación y el ánimo que haría posible el cambio hacia la empresa sin tantos sobresaltos.

De esa evidencia se desprenden otras posibilidades que pueden actuar como coadyuvantes en el proceso evolutivo que llevara a las estructuras ideales. Tal es el caso en México de las empresas operadoras, y la más nueva figura de las *empresas integradoras*.

Con el fin de ubicarnos lo mejor posible en el contexto de cada una, en seguida se hará una breve semblanza de sus características.

9.5.1. Empresas mercantiles de transporte

En cuanto al concepto, la empresa mercantil de transporte no difiere en nada de aquellas otras con giros industriales o comerciales. Obedecen, bajo diferentes esquemas, a lo que establece la Ley de Sociedades Mercantiles de cada país.¹⁶

¹⁵ En la República Mexicana el transporte urbano está bajo la jurisdicción de cada entidad estatal (*N del A*).

¹⁶ La denominación puede cambiar de un país a otro, pero es inobjetable su existencia de una legislación mercantil en cada lugar (*N del A*).

De todas las opciones posibles de la Ley, sólo cuatro de ellas pueden ser orientadas al transporte de manera eficiente: la sociedad anónima, simple o de capital variable, las sociedades cooperativas y, con menos énfasis cada vez, las empresas comanditarias y las de nombre colectivo. Las llamadas Asociaciones en Participación, siendo organismos de carácter privado en su concepción, no son sujetos de concesionamiento.

9.5.2. Empresas operadoras

Las empresas operadoras responden a una concepción de manejo del servicio. La denominación es oficiosa —no responde a una concepción jurídica sino a la de la práctica operativa—. Sintéticamente puede decirse que funcionan bajo el concepto de centralización de la operación. Los vehículos son conservados en propiedad y cuidado (conservación) por sus propietarios, quienes los ceden en custodia a la empresa para su manejo operativo. Las unidades quedan así sujetas al régimen de trabajo que establece la operadora —“roles”, rutas, tarifas, administración de los ingresos (algunas veces) y otros aspectos susceptibles de enfoque centralizado—, y los dueños de ellas se ocupan a su vez de garantizar el buen estado y la presencia oportuna de las unidades en los puntos de partida. La operadora cobra por sus atenciones y apoyos una cuota establecida en la medida de su participación en el negocio.

9.5.3. Empresas integradoras

Cuando al esquema orgánico se adiciona la figura social contemplada en el estatuto jurídico de la SECOFI —la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de la Federación—¹⁷ el funcionamiento de la empresa operadora simple alcanza un carácter reconocido institucionalmente que le reporta ventajas adicionales, sobre todo en el ámbito fiscal.¹⁸ Asimismo, su propia estructura hace posible su uso en el transporte como una fórmula de transición entre el transportista actual —el llamado “hombre-camión”, «... no dispuesto a ceder su vehículo a cambio de un papel»— y la empresa mercantil. Un análisis aun sucinto de las características de la Empresa Integradora puede ratificar la aseveración.

¹⁷ Esta referencia corresponde a la República Mexicana, aunque la figura tiene su origen en Italia (*N del A*).

¹⁸ Las Empresas Integradoras estarán adscritas al Régimen Simplificado Fiscal durante 10 años a partir de 1995, con total independencia de su giro o ingreso anual (*N del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

La Empresa Integradora funcionaría como un elemento de apoyo logístico y de coordinación operativa a los transportistas adscritos al esquema, los cuales se concretarían a trabajar en las rutas, de acuerdo con los lineamientos del diseño operativo pero sin verse obligados al traspaso del bien en favor de la empresa. A pesar de esa simplificación, las cuestiones crediticias sí los obligarían muy probablemente a tener que aceptar la solidarización de las garantías líquidas y/o prendarias.

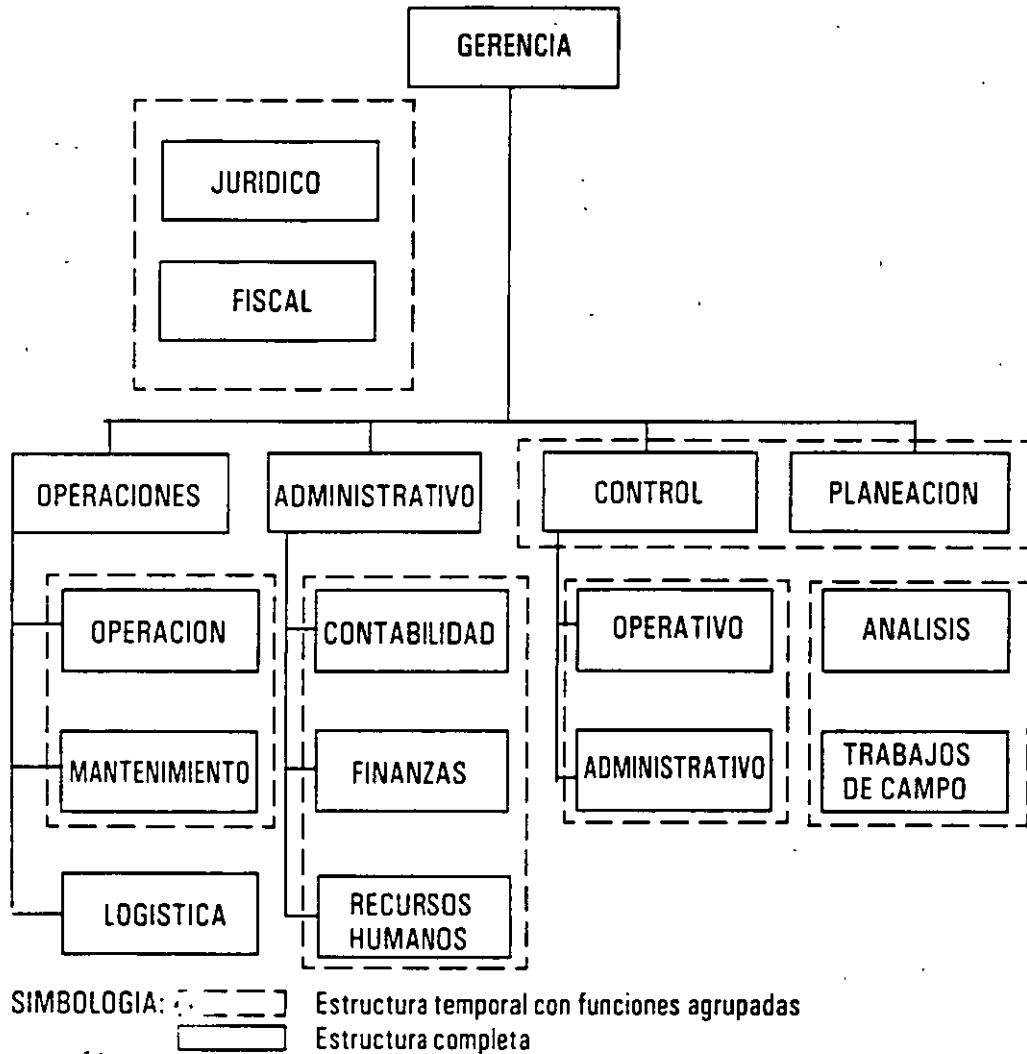


Figura 9.8. Organigrama de una empresa de transporte

CAPITULO 10

NORMATIVIDAD Y MARCO JURIDICO

10.1. Introducción

Si la planeación y la tecnificación de los transportes han ido a la zaga de la evolución de las necesidades, el marco jurídico, y desde luego la normatividad, las más de las veces han permanecido dramáticamente paralizados por períodos mucho muy prolongados.¹

En cierta medida hay varias razones para que esto sea así. El estatuto jurídico de un país no puede estar modificándose a cada rato, so pena de crear serias confusiones.

Históricamente, la mayoría de las disposiciones para regular el tránsito datan de hace siglos; bastantes más de los que la mayor parte de la gente imagina. En el Imperio Romano, en la llamada Ley de las Doce Tablas, del siglo V a.C., —una de las fuentes del derecho romano antiguo— ya había una codificación de la intervención estatal en el sector viario. Los "*curatore viarium*" fijaban y cuidaban del cumplimiento de normas que aseguraban el buen funcionamiento vial. Las prohibiciones de tránsito, los sentidos únicos, los límites en la velocidad de circulación y el tránsito obligatoriamente nocturno de los vehículos pesados, eran algunas disposiciones de uso común en la urbe romana. Las cuestiones sanitarias (hoy en día ecológicas) tampoco estuvieron ausentes en la antigüedad: una de las más serias preocupaciones que había en Londres en el siglo XVIII, eran los deshechos de los caballos, cuya presencia era habitual en las calles de todas las ciudades del Reino. Esto ameritó también un ordenamiento legal al propósito.

¹ Lo sucedido en México en el caso del transporte, y muy en particular en los transportes urbanos, es que se ignoraba que había que cambiar porque se ignoraba qué había que cambiar, si se permite el juego de palabras. En el Distrito Federal —México— hay ordenamientos legales que datan de cuarenta años atrás y estaban vigentes hasta hace muy poco. La "Ley que fija las bases generales a que habrán de sujetarse el Tránsito y los Transportes en el Distrito Federal", y el "Reglamento para el Servicio Público de Transporte de Pasajeros en el Distrito Federal", ambos del año 1942, fueron revisados recientemente. La nueva Ley del Transporte del Distrito Federal fue publicada en diciembre de 1995. La mayor parte de la trabazon jurídica que se padece obedeció tanto a la propia obsolescencia del estamento legal, como a una interpretación "*sui generis*" a cargo de cada nueva administración. La prueba más patente de esas prácticas, aunque no la única, se observa en el diario ir y venir del transporte irregular. (*W del A*).

El par de ejemplos anotado sugiere dos cosas: la considerable antigüedad de los problemas de tránsito, y el hecho conocido de que casi siempre se han tratado "*a posteriori*". Sólo en contados casos lo legal se ha anticipado a lo real. Y aun eso no siempre ha sido afortunado, ya que los avances tecnológicos suelen provocar incontables obsolescencias tempranas.

La mayoría de las disposiciones legales efectivas de los años recientes —cuando menos en México— han surgido de necesidades perentorias. Tales fueron los casos de los decretos que en su momento permitieron la organización —efímera, por lo demás— de las 86 agrupaciones que manejaban en 1973 los transportes superficie de la capital mexicana, en 20 empresas mercantiles. Y el decreto que más adelante (seis años después) canceló la concesión a las 20 compañías citadas, reuniendo la totalidad del servicio en una empresa estatal cuya vida se limitó a catorce años. En los tres casos la disposición jurídica fue intempestiva, aunque en uno la intención contenía un germen de organización y en los otros fue una acción política que colocó al transporte de la Capital Mexicana en una situación muy apartada de las expectativas que las provocaron. Más de 30,000 "*colectivos*", la mayoría de ellos salidos de entre los taxistas, nacieron y pulularon de 1981 a 1996 como consecuencia de tales acontecimientos, afectando el transporte de cinco millones de viajeros.

Los sucesos peruanos, según la descripción que hace Hernando de Soto² dan cuenta de una situación muy semejante. Sucesivos cambios de las ordenanzas jurídicas le dieron al transporte de su país, y en especial al de la capital del Perú, Lima, una fisonomía que bien puede calificarse de irregular, si no fuera porque, ciertamente, cualquier otro tipo de solución resultaba impracticable a la vista del esquema legal prevaleciente.

No podemos menos que mostrar la otra cara de la moneda en el caso singular de Europa. A pesar de las posiciones, a menudo contradictorias, de los críticos, desde hace varios años los transportes de la Región Parisina o de la urbe Londinense han testimoniado un avance sostenido, apoyado en una legislación establecida para hacer posible la implantación de programas de transporte de largo alcance. La mejor característica de tal legislación es su coherencia. Mucho antes de darse a la búsqueda de las soluciones, existe ya una idea bastante clara de lo que se

² Obra citada (p. 283).

quiere alcanzar. Este pequeño gran detalle —la definición clara de objetivos—, está ausente en una buena parte de los proyectos de transporte urbano.

En la República Mexicana referida como un todo, la legislación sobre el transporte urbano es antigua, y está inserta en la normativa del tránsito en general o no existe. Hay una laguna sensible en materia jurídica que no ha logrado llenar la sucesiva aparición de nuevos organismos con mayor alcance cada vez —en alguno de los apartados siguientes se corrobora este aserto—, de ahí que los criterios de aplicación de las escasas normas vigentes padezcan, además, de gran disparidad.

Veamos cuál es la situación jurídica en México.

10.2. El marco jurídico mexicano

De una manera global, el estatuto jurídico que norma y regula los aspectos que inciden en el transporte, el tránsito y la vialidad en México está establecido conforme a los siguientes ámbitos:

- 1) El ámbito Federal.
- 2) Un ámbito local (sólo para el Distrito Federal).
- 3) El ámbito Estatal.

Dentro de cada uno de los ámbitos enunciados existen leyes y reglamentos que implican de una u otra forma al transporte de modo fragmentario. Enunciemos las leyes según su ámbito:

En el ámbito Federal

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Ley de Vías Generales de Comunicación.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.
- Reglamentos de la Ley Ecológica.

En el ámbito Local. Distrito Federal

- Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal.
- Reglamento Interior del Departamento del D.F.
- Ley del Transporte (1995). —corresponde a la antigua Ley que fija las bases a que habrán de sujetarse el Tránsito y los Transportes en el D.F., de 1942—.
- Reglamento para el Servicio Público de Transporte en el Distrito Federal (en revisión. 1996).
- Reglamento para el Transporte de Carga en el D.F.
- Reglamento de Tránsito para el Distrito Federal.
- Reglamento de Estacionamiento de Vehículos en el D.F.

En el ámbito Estatal

- Constitución Política Estatal.
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado.
- Leyes de Tránsito y Transporte de los Estados.
- Reglamentos de Tránsito y de Transporte de los Estados.
- Ley Orgánica Municipal.

El marco jurídico en el que se ubica el transporte en México, sea éste de personas o de bienes, descansa en el concepto de concesión, el cual deriva del precepto legal que asienta que el Estado es el único quien tiene la facultad de proporcionar servicios de transporte (Art. 3º de la Ley de Vías Generales de Comunicación). De acuerdo con dicho Artículo «...una de las atribuciones que corresponden al Estado es la de prestación de los servicios públicos de autotransporte, (...) teniendo la facultad de conceder a los particulares la prestación de esos servicios mediante el otorgamiento de concesiones».

10.2.1. El concepto de Concesión

Una concesión es un otorgamiento gubernamental a favor de empresas o de particulares, para su aprovechamiento o usufructo, de propiedades de la Nación o del Estado para ser explotadas cuando el Estado no esté en aptitud de ejercer su derecho.¹

¹ Según el Lic. Gabino Fraga la concesión administrativa es una institución de carácter poco definido en nuestras leyes, ya que a veces son catalogadas como tales verdaderos contratos, permisos o autorizaciones. Lic. Gabino Fraga "Derecho Administrativo". G.F.

Se trata de una fórmula jurídica que sanciona la ley y que engloba tres conceptos inseparables:

- i) *Un acto reglamentario*: donde se determina la organización y el funcionamiento del servicio, y se establecen los requisitos correspondientes.
- ii) *Un acto condición*: que procede de la parte reglamentaria y viene a condicionar la atribución a un caso concreto, en el que se estipulan las condiciones mínimas de la prestación, tomando en cuenta de manera precisa las modalidades, clase, calidad, etc; y
- iii) *El acto contractual*: que constituye la garantía (sólo hasta cierto punto) del concesionamiento, con lo que será posible preservar el equilibrio financiero durante la explotación del servicio.

Hasta el 9 de enero de 1948, la prestación de algún servicio de transporte obligaba a obtener un permiso que, por su misma naturaleza, resultaba totalmente impreciso.⁴ A partir de esa fecha se modificó la Ley de Vías Generales de Comunicación, sujetando tal servicio al régimen de concesiones. A pesar de su especial naturaleza, la concesión modificó con ventaja la fórmula anterior ya que, bien interpretada y bien conducida, dificulta la comisión de irregularidades, que por necesidad redundarían en perjuicio de los propios servicios y de la economía del país.

10.2.2. Las jurisdicciones

La jurisdicción dentro de la cual se realiza el transporte en México no es única ni uniforme. Varía sin una regla absoluta, aunque en cierto modo dicha variación se sujeta a tres tipos de casos, tal y como veremos en seguida.

10.2.2.1. La Ciudad de México

En la capital de la república, debido a su subordinación al Ejecutivo Federal directamente, los transportes están bajo la jurisdicción Federal.

⁴ El permiso es simplemente una autorización abierta para instrumentar un servicio, sin establecer bajo qué condiciones se dará (N del A)

Aun así, el concesionamiento se ejerce de manera especial, a través de varios organismos, según sea el caso. Así:

El Metro, los transportes eléctricos y el sistema oficial de autobuses están regidos por su propio estatuto jurídico. Son operados, respectivamente, por los organismos públicos descentralizados: "Sistema de Transporte Colectivo Metro", "Servicio de Transportes Eléctricos" y "Autotransportes Urbanos de Pasajeros R-100" (desaparecida en 1995). Jurisdiccionalmente dependen del Ejecutivo Federal, —la Presidencia de la República—, a través de sus Consejos de Administración, presididos por el Jefe del Departamento del Distrito Federal.⁵

En el transporte de superficie se manejan además otros dos sistemas, ambos bajo concesión otorgada a particulares. Uno tiene la peculiaridad de que las concesiones son concedidas a personas físicas preferentemente y en un número limitado. Se trata en este caso de los llamados "colectivos", cuya jurisdicción la ejerce la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal. Propiamente no es un concesionamiento, ya que la facultad de operar el servicio queda otorgada en una primera instancia a un vehículo —a través de unas placas de servicio público— y la participación y concepción de ruta, así como la mayor parte de las características de éstas, se manejan al criterio de las agrupaciones de propietarios de vehículos.

En el otro caso se trata de un concesionamiento metropolitano a personas morales otorgable en principio por la propia autoridad local del transporte, pero con la correspondiente anuencia de la autoridad vecina (el Estado de México). Este servicio sí es de considerarse como un sistema de rutas concesionadas, dado que se cumplen en él los tres aspectos de la concesión —lo reglamentario, lo condicional y lo contractual—. Están bajo jurisdicción de la COMETRAVI en cuanto a coordinación, pero bajo la vigilancia respectiva de las dos entidades en lo tocante a lo operativo.

Los transportes denominados suburbanos, catalogados así por su función de comunicadores de los centros urbanos con las aglomeraciones rurales de la periferia, al igual que otros transportes de largo recorrido,

⁵ Recientemente (1995) todo el transporte del D.F. quedó integrado bajo la jurisdicción de la Secretaría de Transporte y Vialidad del Distrito Federal (*N del A*).

están bajo la jurisdicción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, quien otorga la concesión y ejerce un control en el tránsito sobre las carreteras federales. Es común en estos casos que el tránsito de los vehículos de transporte dentro del casco urbano esté amparado por un permiso local que lo autoriza a circular, generalmente sin abordaje de pasajeros.

10.2.2.2. *Los Estados*

En el interior del país el transporte público lo concesionan los gobiernos estatales a través de la Dirección General de Tránsito del Estado. Salvo dos casos especiales, —los Metros de Guadalajara y Monterrey—, la transportación está amparada por concesiones otorgadas a particulares. Por lo común hay dos sistemas: autobuses y “colectivos”; ambos operan bajo la jurisdicción de la Dirección General de Tránsito del Estado.

No es un hecho ignorado que la jurisdicción estatal, aunada a un manifiesto precarismo económico que impide la conformación de cuadros técnicos adecuados, dificultan la planeación y el control del transporte municipal al nivel estatal. Por ello, cada vez con más frecuencia se oye hablar de la conveniencia de trasladar a los gobiernos locales —municipal— la jurisdicción del transporte de las ciudades.

10.2.2.3. *Los municipios*

Algunas ciudades, por lo común municipios importantes, han tomado los transportes urbanos bajo su jurisdicción —como casos conocidos están los municipios del Estado de Coahuila, Mérida (Yucatán), Hermosillo (Sonora) y sólo parcialmente Morelia (Michoacán) en México—. Se ha tratado de casos de excepción que no se ha dado muestra de generalizar, básicamente por carecer de los presupuestos necesarios.

10.2.3. *Ordenamiento fiscal*

Hasta 1989, el transporte, y especialmente el transporte urbano de personas, estuvo clasificado con fines fiscales dentro de las “bases especiales de tributación”. Por lo general, y de tiempo atrás, existía un convenio que fijaba una cantidad por cada vehículo concesionado, tanto con fines del Impuesto sobre la Renta —ISR— como en cuanto a las aportaciones a la seguridad social y otros gravámenes —IMSS, INFONAVIT, IMPAC (que

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

no existía)—. Aunque las cifras variaban de un lugar a otro, el resultado era siempre muy parecido: una considerable simplicidad administrativa y una carga tributaria relativamente poco sensible.

A partir de 1990 el grupo del transporte quedó catalogado como causante mayor, aunque sujeto a un tratamiento simplificado opcional, denominado "de entradas y salidas" o "de flujo de efectivo", independientemente de si los ingresos de 1989 o anteriores hubieran superado los 500 millones de pesos (tal cifra era el límite legal para aspirar al régimen simplificado en actividades distintas del transporte).

(El régimen simplificado está ubicado en la Ley del Impuesto sobre la Renta, Título IV, Capítulo VI, Sección II, pudiendo optar por él las personas físicas o morales que realizan actividades empresariales dentro del sector, y que a partir de 1990 dejaron de tributar en el régimen de bases especiales).

La fórmula fiscal quedó así resumida como se explica adelante:⁶

(El documento en cuestión abunda en conceptos y detalles para el cálculo de los diversos impuestos y contribuciones a que está sometida la actividad —ISR, IA, PTU—, así como para dar cumplimiento a las formalidades fiscales consecuentes: avisos de opción, relación de bienes y deudas, registro de entradas y salidas, declaración anual y otros avisos. Se remite a los interesados en profundizar en ese tema al documento aludido).

Veamos lo primordial de su contenido.

Impuesto Sobre la Renta (ISR)

- a) Para la determinación del impuesto sobre la renta —ISR— se tomará la diferencia que se obtenga de restarle al total de las *entradas* el total de las *salidas* de caja.

⁶ "Criterios aplicables a las actividades del autotransporte de pasajeros". Documento girado por la Dirección General Técnica de Ingresos de la SHCP a la Asociación Nacional del Transporte Urbano y Suburbano de la República Mexicana. Julio 23 de 1990. Extracto

b) Por entrada se entiende cualesquier cantidades obtenidas en efectivo o en bienes, tales como las siguientes:

- Ingresos provenientes de la prestación de servicios;
- Recursos derivados de préstamos obtenidos;
- Intereses cobrados;
- Ingresos provenientes de la venta de bienes;
- Aportaciones de capital;
- Retiros de cuentas bancarias y,
- Devoluciones del Impuesto al Activo –IMPAC–.
- Los ingresos por créditos se considerarán entradas cuando sean cobradas en efectivo o en bienes.

c) Se consideran *salidas*, en efectivo o en bienes indistintamente, conceptos como los siguientes:

- Devoluciones recibidas, los descuentos y las bonificaciones que se hagan;
- Adquisiciones o compras netas;
- Gastos efectuados que hayan sido indispensables para el desarrollo de las actividades;
- Inversiones en títulos de crédito, excepto las acciones;
- Depósitos e inversiones en cuentas bancarias;
- Pagos de préstamos;
- Intereses pagados;
- Adquisición de bienes, incluyendo terrenos que se destinen a la actividad;
- Entero de retenciones;
- Impuesto al Valor Agregado –IVA– que les sea trasladado y,
- Pago de contribuciones, salvo el mismo ISR.
- Cuando se efectúen erogaciones a crédito, se considerarán como salidas hasta que sean efectivamente pagadas.

d) El *ingreso acumulable*, determinado según lo descrito, podrá disminuirse con la diferencia que resulte de comparar el capital inicial actualizado (el capital al principio del ejercicio, actualizado de acuerdo con los factores emitidos por la SHCP) con el capital actualizado al final del mismo ejercicio, cuando el primero sea mayor que el segundo.

- e) Los contribuyentes deberán calcular el Impuesto Sobre la Renta anual, aplicando al ingreso acumulable la tarifa del Artículo 80 de la Ley de la materia, elevada al trimestre en tratándose de personas físicas, o el 34%,⁷ en el caso de tratarse de personas morales.

Impuesto al Activo (IMPAC)

El impuesto al activo –IMPAC– se calcula con base en los bienes manifestados en la relación de bienes y deudas presentada al optar por el régimen, siempre que dichos bienes no estén aún depreciados. Al monto de los bienes se le aplicará una tasa impositiva del 1.8%.⁸

Participación de utilidades (PTU)

La Participación de los Trabajadores en las Utilidades –PTU– será del 10% sobre el ingreso acumulable, estimado a partir de las entradas y salidas.

Para una mejor comprensión del tema procederemos a efectuar una aplicación.

Problema 10.1

Planteamiento

Un taxista que se dedica a prestar el servicio de transporte de pasajeros con un vehículo autorizado a trabajar con itinerario libre, y que asimismo sólo tiene ingresos por ese trabajo, debe presentar en forma obligatoria su declaración anual de impuestos ISR conforme las reglas que establece el Régimen Simplificado. Esta persona ya hizo pagos provisionales por \$4,000 durante el año transcurrido y tiene los bienes y adeudos que se muestran en el Cuadro 1 de la página siguiente

A continuación se ilustra sobre los pasos que habrá de seguir para elaborar su declaración. Los datos y las operaciones de solución se irán dando simultáneamente mediante cuadros para facilitar el desarrollo del caso y la aplicación del método de modo sistemático.

⁷ En el momento de la comunicación (1990) la cifra era de 36%.

⁸ En 1990 la cifra era de 2%.

Cuadro 1. Relación de bienes y deudas al 31 de diciembre (del año fiscal anterior).

CUADRO 1	
Relación de bienes y deudas (las cifras se dan en pesos corrientes)	
Concepto	Importe
Bienes:	\$ 1,300
Caja	
Vehículo propio	\$90,000
Total	\$91,300
Deudas:	
Préstamo	\$40,000
Total	\$40,000

Desarrollo del problema:

Para facilidad en el planteamiento de las distintas fases de la solución se recomienda elaborar las siguientes Tablas o Cédulas.

- Cédula 1. Relación de *entradas* del ejercicio (del año fiscal tratado).
- Cédula 2. Relación de *salidas* del ejercicio.
- Cédula 3. *Deducciones personales* del ejercicio.
- Cédula 4. Cálculo de la *ganancia anual* básica para fines de **ISR**.
- Cédula 5. Obtención del **ISR** del *ejercicio* (Impuesto sobre la Renta).
- Cédula 6. Estimación del *subsidio fiscal* acreditable (subsidio a favor).
- Cédula 7. Determinación del **IMPAC** (Impuesto al activo).
- Cédula 8. Tratamiento del **IVA**.

Debemos recordar que el denominado Régimen Fiscal Simplificado, por sus peculiares características es también conocido como «de entradas y salidas» (de dinero) y por tal razón las Cédulas 1 y 2 con las que se les calcula tienen mucha importancia.

Procederemos pues a elaborar los cuadros mencionados.

La Cédula de resumen de las *entradas* del año es la siguiente:

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

CEDULA 1					
Relación de entradas del ejercicio					
Mes	Ingresos por el servicio	Cuenta cobrada (2o. turno)	Préstamo bancario obtenido	Enajenación (venta) de bienes	Total
Enero	\$12,100	\$8,470			\$20,570
Febrero	11,800	8,260			20,260
Marzo	14,220	9,950			24,170
Abril	13,670	9,570			23,240
Mayo	13,950	9,760	\$60,000	\$38,000	121,710
Junio	14,430	10,100			24,530
Julio	13,630	9,540			23,170
Agosto	12,390	8,670			21,060
Septiembre	14,060	9,840			23,900
Octubre	14,610	10,230			24,840
Noviembre	13,970	9,780			23,750
Diciembre	15,040	10,530			25,570
Total	\$163.870	\$114,700	\$60,000	\$38,000	\$376,770

Por su lado, la Cédula 2 con las salidas del año queda como sigue:

CEDULA 2					
Relación de salidas del ejercicio					
Mes	Combustible y lubricantes	Mantenimiento y reparaciones	Compra de vehículos	Otros gastos	Total
Enero	\$6,800	\$4,620		\$2,150	\$13,370
Febrero	5,015	3,510		800	9,320
Marzo	7,020	4,910		1,650	13,580
Abril	8,160	5,720		680	14,560
Mayo	8,075	5,650	\$95,000	5,260	113,985
Junio	8,230	5,760		720	14,710
Julio	6,140	4,300		940	11,380
Agosto	6,085	5,260		1,060	12,405
Septiembre	6,510	4,560		3,900	14,970
Octubre	5,740	4,020		1,100	10,860
Noviembre	6,280	4,390		1,410	12,080
Diciembre	7,050	4,930		2,250	14,230
Total	\$80,905	\$57,630	\$95,000	\$21,920	\$255,450

320

En cuanto a las *deducciones personales*, tenemos:

CEDULA 3	
Deducciones personales permitidas	
Concepto	Importe
1. Honorarios médicos Nombre del médico según el recibo Datos de su RFC	\$22,000
2. Gastos de hospital Nombre de la clínica según factura Datos del RFC	\$28,000
Suma	\$50,000

A partir de todo ese resumen de cifras, pasaremos ahora a elaborar la denominada *Ganancia Anual*, con la que se establece después el ISR.

CEDULA 4		
Definición de la ganancia anual		
Concepto		Importe
(+) Total de entradas		\$ 376,770
Ingreso por el servicio	\$ 163,870	
Cobro de cuenta	114,700	
Préstamo obtenido	60,000	
Venta de vehículo	38,000	
(-) Total de salidas		\$ 255,450
Combustible y lubricantes	\$ 80,905	
Mantenim. Y reparaciones	57,630	
Compra de vehículo	95,000	
Otras salidas	21,960	
Ganancia anual		\$ 121,320
(-) Deducciones person		\$ 50,000
Ingreso acumulable		\$ 71,320

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Hasta aquí el cálculo del ingreso sujeto a gravamen. Sin embargo, hay otra partida que debe calcularse antes de definir el impuesto a pagar. Esta es el importe del *subsidio fiscal* a que se tiene derecho. Veámoslo:

El subsidio se estima a partir de dos cantidades. A la que se le llama Impuesto Marginal, y lo que se conoce como Cuota fija. Así tenemos:

CEDULA 5 Determinación del subsidio fiscal acreditable	
Subsidio	
Sobre el impuesto marginal = \$ 2,004 x 30%	\$ 601.20
Sobre la cuota fija	\$ 7,144.84
Suma	\$ 7,746.04

Con base en ese resultado se puede calcular ahora el *Impuesto sobre la Renta* (ISR). Veamos la mejor manera de sistematizar el proceso.

CEDULA 6. Determinación del ISR del ejercicio (Aplicación de la tarifa del Art. 141 y de las tablas de los Art. 141-A y 141-B)	
Ingreso acumulable	\$ 71,320.00
(-) Limite inferior	\$ 65,425.00
Excedente sobre el límite inferior	\$ 5,895.00
Porcentaje de impuesto	34%
Impuesto marginal	\$ 2,004.00
(+) Cuota fija	\$ 16,466.00
Impuesto causado	\$ 18,470.00
(-) Subsidio acreditable	\$ 7,746.04
Crédito general anual	\$ 10,723.96
Impuesto a cargo	\$ 10,723.96
(-) Pagos provisionales	\$ 4,000.00
Impuesto neto a cargo	\$ 6,723.96
Nota : Se emplearon las tablas del año 1996. <i>Bitácora Fiscal Básica</i> . J. Balmores S. y H. Gasca B.	

El pago que debe hacerse consta en el concepto de Impuesto neto a cargo de la Cédula 6 precedente. Luego entonces, en cuanto a ISR el cálculo está terminado. Queda por calcular lo correspondiente al IMPAC (*Impuesto al activo*) y al IVA (*Impuesto al valor agregado*). Tenemos:

CEDULA 7 Determinación del Impuesto al Activo (IMPAC)	
Concepto	Importe
Valor del vehículo al 31 de diciembre del año fiscal	\$ 95,000.00
(-) Monto exento para el área geográfica «C»	\$ 70,572.75
Base del Impuesto	\$ 24,428.25
Este valor se multiplica por 0.018 para obtener el impuesto anual a pagar.	\$ 439.70

Y a su vez, en cuanto al IVA:

CEDULA 8 Determinación del impuesto al Valor Agregado (IVA)
Los contribuyentes adscritos al servicio público de transporte de pasajeros están exentos del pago de este Impuesto, de acuerdo con lo previsto en la fracción V del Art. 15 de la ley de la materia. En congruencia con lo anterior, la Resolución de Facilidades Administrativas no tiene incluida ninguna previsión para este pago.

(*) Muy importante.⁹

10.2.4. Los aspectos laborales

El estatuto legal que norma en México las relaciones de los trabajadores con sus patrones es la Ley Federal del Trabajo. Este instrumento jurídico, que cubre las covunturas legítimas que pueden presentarse en la coparticipación laboral, tiene una sección especialmente dedicada a los trabajadores del autotransporte (Título Sexto, Capítulo VI, Artículos 256 al 264).

La generalidad obligada de la Ley y el carácter diverso del tipo de trabajador encargado de las tareas del transporte, hacen pertinente explicar algunas de las variantes y razonar sobre ellas de una manera realista ya que, como se verá, no todo resulta suficientemente claro.

La actividad del transporte ocupa por igual a propietarios, profesionales, trabajadores comunes, según lo sancionado por la Constitución (Art.

⁹ Todo el contenido y la forma de presentación de este caso fue adoptado de un artículo de los CC.PP. Francisco Martínez Neri y Misael Soriano Chavez, aparecido en la publicación PRACTICA FISCAL

123), y a trabajadores al servicio del Estado, los cuales quedan comprendidos en el Apartado B del Artículo 123 Constitucional. Si a esto agregamos que existen algunas maneras muy particulares de asociación entre ellos, (cooperativas, asociaciones civiles, sindicatos, y más formas de agremiación) se comprenderá que el régimen laboral de cada cual puede llegar a ser, si bien no muy difícil de establecer sí complicado de ubicar. Ciertamente, no hay más que tres opciones legales: o es patrón, o es no asalariado, o es un trabajador, común según el Apartado A, o al servicio del Estado según el Apartado B. Sin embargo, no siempre es sencillo de determinar o de aplicar según la Ley cuándo ha de considerarse un caso y cuándo otro (en especial entre la segunda y la tercera de las opciones).

Veamos por ejemplo el caso de un permisionario del servicio de "colectivos". Sin lugar a dudas es un patrón. Puede, no obstante lo anterior, estar agremiado en un sindicato junto con otros choferes que, además, no sean propietarios. Y para mayor complicación, sistemática u ocasionalmente permitirá que otro chofer maneje su vehículo a cambio de una cantidad fija; no emplea al segundo chofer, únicamente le arrienda el equipo (y consecuentemente el permiso o concesión). Se antoja preguntar: ¿Cuál es la posición laboral del primer chofer, y cuál es la del segundo?

El caso no es único. Veamos otro igualmente frecuente. ¿Cuál es la posición laboral de un chofer eventual, de aquellos que suele llamárseles "postureros"? Manejan ocasionalmente algún vehículo —un autobús por lo general— sin que medie contrato o convenio alguno, y sólo cuando lo justifica la inasistencia de los choferes de planta.

Es indudable que bajo las condiciones en que se desempeña el transporte actualmente, el aspecto laboral sólo puede verse o plantearse con apoyo en generalizaciones o bien, esquemáticamente.

10.3. Normas jurídicas ejemplares

Como normas jurídicas hemos querido aquí significar, aquellos ordenamientos de todo tipo, dentro del estamento oficial de un lugar. El calificativo de "ejemplares" tiene la acepción de "caso propio para servir de ejemplo". Con ello estipulamos que los casos descritos tienen un carácter oficial, se les ha llevado a la práctica y son dignos de imitarse por los beneficios que han aportado a las comunidades donde fueron implantados.

Los ejemplos no siguen un orden de importancia en cuanto a su temática ni en su ubicación geopolítica. Son sólo ejemplos ilustrativos.

10.3.1. "Un servicio de interés público"

Según el parecer adoptado por el Consejo Económico y Social francés ("Avis adopté par le Conseil Economique et Social au cours de sa séance du 23 juin 1976", Parte I - L'Urbanisme), la planeación de la urbe, y en particular el transporte de personas, debe ser vista como una misión de interés público —y no únicamente como un servicio público, quiere decir— lo cual conlleva una posición estratégica de carácter singular que replantea las prioridades urbanas. En esta tesis descansa todo un esquema de planeación de los transportes urbanos que ha permitido, como ya se dijo, un desarrollo coherente de las acciones francesas en esa materia.

Dentro de lo general el documento expresa que: «es importante desarrollar un elevado nivel de la calidad del servicio, para que el recurso al transporte colectivo sea considerado por el usuario no solamente como inevitable, sino también como satisfactorio». Y, en lo particular, traduce las aspiraciones de superación que contiene, en objetivos concretos, tales como: "... Importa pues en principio que la red [de transporte] esté trazada de tal suerte que ningún domicilio o lugar de trabajo en la zona urbana esté alejado más de 350 ó 400 m de alguna parada de autobús, o más de 700 u 800 m de una estación del Metro..."

Es posible ver entonces que, con apoyo en especificaciones de este tipo, el papel del proyectista en la concepción de los detalles del sistema de transporte se facilita notablemente. El corolario del ejemplo sería que la existencia de un plan de transporte con objetivos claros y factibles es una necesidad social.

10.3.2. "Un mejor transporte para su ciudad"¹⁰

En 1958 se publicó en la Unión Americana una guía o manual destinado a auxiliar a las ciudades [de todos tamaños] en la realización de un mejor trabajo de planeación del transporte, («...to help cities do a better job of transportation planning through systematic collection and annalysis of basic facts»). Este documento lo desarrolló el National Committe on Urban

¹⁰ "Better Transportation for your City" Public Administration Service. 1958

Transportation, habiendo sido ratificado por el Joint Committee of the American Municipal Association, la American Association of State Highway Officials, y por el Bureau of Public Roads entre otros organismos más.

La importancia del documento radicó en su momento en que, tal y como lo menciona su Introducción, durante décadas la ASHO, —hoy en día ASHTO— y el BPR, se habían ocupado de recabar y mantener actualizados datos acerca de los sistemas bajo sus respectivas jurisdicciones, estableciendo normas sobre cuáles datos obtener (la mayoría relativos al tránsito) y cómo efectuar su recolecta. Y en contraste, las áreas urbanas carecían del beneficio de toda esa información («...In contrast, urban areas are largely without benefit of such accumulated information.», dice el documento).

Además de insistir en la importancia de la tarea en sí y del indispensable reconocimiento del [necesario] trabajo de equipo, la guía se pronunciaba por el seguimiento de seis etapas básicas, las cuales se enuncian a continuación y hablan por sí mismas.

- Etapas I.- Organización del trabajo;
- Etapas II.- Obtención de datos sobre el transporte;
- Etapas III.- Definición del problema;
- Etapas IV.- Desarrollo del Plan de Transporte y su Programa Financiero;
- Etapas V.- Adopción y aprobación del Plan y,
- Etapas VI.- Puesta en práctica del Plan.

La importancia de este manual, notable por la época en que fue concebido y la confesión de la carencia y la necesidad de un Plan de Transporte para cada ciudad, estriba en dos hechos fundamentales:

- 1) Su reconocimiento por las principales entidades normativas oficiales (ASHO, BPR) independientemente de jurisdicciones y responsabilidades, y
- 2) La aceptación de la necesidad de manejar normas únicas —o cuando menos uniformes— para todos, desde la captación de los datos básicos hasta la consecución del Plan.

El interés que debiera tener para nosotros radica en que las ciudades de Latinoamérica están tan carentes de planes y normas uniformes (y prácticas, debemos agregar) como estaban las ciudades norteamericanas a la

mitad del siglo. Y que a su vez, tal situación podría ser mejorada tomando como base este ejemplo.¹¹

10.3.3. El caso de Curitiba

Es tan singular el caso de la ciudad brasileña de Curitiba en lo que atañe a su organización general, que es posible que así como en los temas anteriores, constituya en su conjunto otro caso de norma jurídica ejemplar.

Curitiba es o parece ser un verdadero laboratorio de urbanismo. Así se le pensó y así se le ha aceptado tanto por sus pobladores como por el resto del país desde el año 1974. Ciento veinte años después de constituirse en capital del estado de Paraná, un visionario alcalde apoyó su transformación urbana en cuatro planteamientos fundamentales, mismos que deberían regir todos los esquemas de desarrollo de la comunidad: la educación, el uso del suelo, la vialidad y el transporte.

Aunque su conceptualización no es un ejemplo a calcar por su propia singularidad, la tesis en que se apoya, debidamente interpretada, puede servir de basamento en el que apoyar nuevas concepciones en el tratamiento de los problemas de transporte y vialidad. Aun aceptando que se trata de un esquema dinámico que ofrece sólo soluciones temporales, este reconocimiento le agrega vitalidad pues desdibuja la idea de que hay soluciones únicas o totalmente acabadas para el transporte. En una palabra, ratifica la inconveniencia de tomar decisiones que comprometan en alguna medida el futuro de las ciudades.

Dentro de sus propias características topológicas, Curitiba adoptó el concepto de *Red Integral* (ver el apartado 4.1.3) para el diseño de la infraestructura del transporte. A pesar de su trazado radio-concéntrico, se logró identificar y acondicionar varios corredores viales de primer orden y otros más de orden menor, sobre los que se desplazan los vehículos de un sistema de transporte de superficie perfectamente jerarquizado, que goza de preferencias en su circulación.

La responsabilidad de la operación y la administración de los servicios de transporte es compartida de manera peculiar: la Prefectura Municipal

¹¹ En México el "Programa de 100 ciudades", -SEDESOL BANOBRAS- de 1993, ha permitido paliar en parte tales omisiones (N del A).

establece las normas operativas con las que los concesionarios privados trabajan las rutas. Aparte de eso los ingresos diarios son captados por la propia Prefectura directamente a bordo, y remunera a los operadores de acuerdo con una tarifa kilométrica, acordada de conformidad con los tiempos trabajados y el tipo de vehículo. Así, quienes tienen las concesiones resultan ser los auténticos operadores de los servicios mas no sus administradores (en buena medida se trataría de la versión inversa de la "operadora del transporte" descrita en el apartado 9.6).

El manifiesto dinamismo de la concepción estructural de Curitiba se corrobora con el proyecto de transformar en el corto plazo dos de los corredores más solicitados —aquellos que han alcanzado ya su nivel de saturación—, en los cuales se instalarán sendas ramas de un tren ligero —el BONDE—. Ello será posible sin mayores problemas, porque el concepto urbanístico adoptado no cancela sus propias posibilidades evolutivas.

10.4. La normatividad en el transporte

La confección de las notas siguientes se llevó al cabo durante 1994. Conviene entonces asentar que en la época ya se estaban dando algunos pasos en varias entidades para remediar los anacronismos y las omisiones normativas. Habida cuenta de la innecesidad de esperar al total desenlace de las iniciativas, se ha optado por mantener el contenido tal cual fue desarrollado, haciendo hincapié en su eventual falta de actualidad.

10.4.1. La reglamentación actual

Sobre la reglamentación actual puede decirse en primer lugar que es limitada y poco específica. Casi siempre encasilladas en los reglamentos de tránsito, las alusiones al transporte, escasas por lo general, son marginales y concretadas a normar el comportamiento de los vehículos en la vía pública.

Como una glosa de lo más relevante del contenido de diversos reglamentos, se han seleccionado algunos artículos. Eso tiene una doble finalidad: ejemplificar con base en la situación presente y dar el primer paso hacia el establecimiento de una reglamentación típica. De esa forma, se indicará el documento fuente y, en seguida, el articulado seleccionado.

Reglamento de Tránsito del Municipio de Mérida, Yuc. (1962)

A continuación se reproducen algunos artículos relevantes de ese Reglamento.

Artículo 12. Vehículos de servicio público de transporte son aquellos que operan mediante el cobro de tarifas autorizadas, y con apego a la correspondiente concesión o licencia...

Artículo 49. Los autobuses de las distintas rutas urbanas o suburbanas, (...) deberán sujetarse a las especificaciones que fije el Departamento de Policía para garantizar las condiciones de seguridad, comodidad y eficiencia que deben llenar los vehículos destinados al transporte de pasajeros.

Artículo 81. Los pasajeros abordarán y descenderán de los vehículos, cuando estos se encuentren totalmente detenidos, y al hacerlo lo verificarán por el lado de la acera próxima.

Artículo 82. Los pasajeros tomarán su turno haciendo «colas» correspondientes cuando traten de abordar un vehículo de transporte. Los conductores vigilarán la observancia de esta disposición...

Artículo 83. Se prohíbe a los pasajeros viajar en las salpicaderas, estribos o defensas de los vehículos, y los conductores estarán obligados a vigilar la observancia de esta disposición...

Artículo 84. Los pasajeros deberán viajar en los vehículos en forma tal que ninguna parte de su cuerpo sobresalga del mismo.

Artículo 85. Queda prohibido a los pasajeros de autobuses urbanos:

- I. Viajar en estado de embriaguez;
- II. Fumar (a bordo);
- III. Proferir palabras obscenas o ejecutar actos inmorales;
- IV. Distraer la atención del conductor.

Artículo 86. Los pasajeros tienen derecho:

- I. A viajar amparados con el seguro del viajero;
- II. A exigir a los conductores el cumplimiento de este Reglamento;
- III. A que se les admita en el vehículo bultos hasta de 10 kilos de peso, cuyo volumen y contenido no sea molesto para los demás.

Artículo 87. Los pasajeros que no cumplan con estas disposiciones serán expulsados de los vehículos, perdiendo el importe del pasaje que hubieren pagado, sin perjuicio de las sanciones que les imponga el Departamento de Policía.

Artículo 149. El itinerario, el horario, la tarifa y la capacidad máxima correspondiente a cada vehículo, debidamente aprobados por el H. Ayuntamiento de Mérida, deberán fijarse en lugar visible de su interior, así como el comprobante oficial de que el estado del vehículo fue encontrado satisfactorio en la inspección reglamentaria. Se prohíbe a los interesados modificar el itinerario, el horario y las tarifas autorizadas.

Artículo 150. El Ayuntamiento de Mérida podrá variar en cualquier tiempo, cuando las circunstancias lo exijan, el itinerario y el horario a que deben sujetarse los autobuses.

Artículo 151. Las puertas de seguridad deberán mantenerse cerradas durante todo el recorrido. En las paradas únicamente se abrirán las que correspondan al lado por el cual deba verificarse el movimiento de pasajeros. Ningún vehículo deberá ponerse en movimiento sin haber cerrado previamente las puertas.

Artículo 153. Las paradas se harán solamente en los lugares autorizados previamente por el Departamento de Policía. El tiempo de parada deberá limitarse al necesario para el ascenso y descenso...

Más otros de importancia relativamente menor.

Se dio semejante pormenor debido a que, aún tratándose de un antiguo reglamento del ámbito municipal, era uno de los más detallados en lo tocante al transporte público de pasajeros. Padecía de cierto exceso ya que varios de sus artículos sancionan temas contenidos en la Ley Federal del Trabajo (Art. 262 de la Ley) y aunque tiene sensibles omisiones sobre todo en cuanto a los aspectos técnicos a que deberían estar sujetos los servicios, es indudable que hacía hincapié en varios temas importantes y deslindaba la responsabilidad de los conductores de la de los pasajeros.

Este Reglamento ha servido de referencia para la redacción de otros más recientes (v.g. "Reglamento de Tránsito Municipal" de Celaya, Gto. 1989. Artículo 96. pp 39-41) debido justamente a lo expresado antes.

Reglamento de Tránsito del Distrito Federal

La Ley de Transporte del Distrito Federal se promulgó el 16 de noviembre de 1995. Sustituyó a la respectiva de 1942. Su Reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación en noviembre de 1996. Entre los aspectos más sobresalientes de ambos documentos legales aparecen aquellos que alientan¹² la formación de empresas mercantiles de transporte, la elaboración de estudios técnicos como requisito para obtener la concesión y el propósito de revisar las tarifas periódicamente. Otros conceptos de interés incluidos son los siguientes:

- Subordinación de las políticas del transporte a lo que establece el Programa Integral de Transporte y Vialidad del Distrito Federal (Arts. 16 y 20).
- La sujeción de la prestación del servicio a normas técnicas en materia de diseño seguridad y comodidad (Arts. 17 y 36).
- Sentar las bases para el otorgamiento de la concesión como garantía de crédito (Art. 52, aprt. IV y VI).

Las dos últimas disposiciones ayudan a dar viabilidad financiera al servicio.

10.4.2. La protección ambiental

Los efectos del tránsito automotor en el ambiente se conocen de bastantes años atrás. Algunas ciudades —norteamericanas, inglesas y francesas— tomaron nota y medidas para reducir tal efecto con menos inoportunidad que otras. Son conocidas las acciones llevadas a cabo en Los Angeles (EUA) y Londres. Las más de las ciudades, y entre ellas varias de las mayores, han despertado al problema bajo la presión de las consecuencias derivadas y cuando el daño ya ha sido casi inminente.

En el año 1967 se publicó en el Reino Unido un reporte que auspició el Ministerio del Transporte —“Cars for Cities” HMSO 1967—, el cual dedicó sendos capítulos a la contaminación por gases y ruido. De ese documento se han

¹² Este Reglamento está nuevamente en revisión (1995). Por ello algunas de los comentarios pueden no ser exactos. Es más, es inminente la publicación del documento que Reglamenta la nueva Ley de Transportes del Distrito Federal (N del A).

entresacado las notas que se consignan en seguida, con fines ilustrativos. Resulta interesante constatar que otras publicaciones más o menos de la misma época, a pesar de aplicarse específicamente al tema de los vehículos de transporte, no comentan nada sobre la contaminación.¹³ De ahí la importancia del documento inglés.

La contaminación de los vehículos de motor (gases y humos)

Las máquinas de combustión interna usan combustibles (diesel o gasolina) constituídos por carbono e hidrógeno. Idealmente, el combustible debiera ser totalmente quemado, produciendo sólo energía y dióxido de carbono, más agua como subproducto, sin problemas de contaminación atmosférica. No obstante, ese resultado ideal es imposible de alcanzar por ahora, lo que da origen a diversos contaminantes gaseosos tales como monóxido de carbono CO, hidrocarburos libres, óxidos de nitrógeno y de azufre, plomo y aldehídos en distintas proporciones, según se trate de motores diesel o de gasolina. En años más recientes se ha incorporado un nuevo contaminante a la lista: el ozono. La Tabla 10.1¹⁴ muestra las concentraciones máximas permisibles de algunos de los contaminantes usuales y la Tabla 10.2 la contaminación en la ZMCM.

Tabla 10.1. Niveles de contaminación permisibles

CONTAMINANTE	NIVELES CRITICOS	TIEMPO DE EXPOSICION
Ozono (O ₃)	235 µg/m ³	de 1 a 2 horas
Monóxido de Carbono (CO)	40,000 µg/m ³	hasta de 8 horas
Bióxido de azufre (SO ₂)	365 µg/m ³	24 horas
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	100 µg/m ³	anual
Plomo (Pb)	1.5 µg/m ³	3 meses
Partículas sólidas	150 mg/m ³	24 horas

¹³ "The Technology of Urban Transportation". Donald S. Berry, George W. Blomme, Paul W. Shuldiner & John H. Jones. Northwestern University Press. 1967

¹⁴ La información fue tomada del "Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México". 1996.

Tampoco todos los contaminantes tienen el mismo efecto nocivo sobre la atmósfera. Las primeras consideraciones sobre dichos efectos se tomaron en Los Angeles —poco después también en la ciudad de Londres— a quienes concierne el descubrimiento y el posterior bautismo del efecto conocido hoy como “smog” —un anglicismo aceptado ya en todas partes—. Supuestamente el smog es producido por la acción fotosintética de los rayos ultravioleta del sol sobre los hidrocarburos evaporados y los óxidos de nitrógeno expelidos por los motores. Este fenómeno puede verse exacerbado por otro de índole meteorológica: la “*inversión térmica*”, cuya característica estriba en ocasionar una inmovilidad casi total del desplazamiento vertical de los gases calientes, obligándolos a permanecer, a veces durante horas, al nivel de la calle con las consecuencias que son de todos conocidas.

Tabla 10.2. Emisiones vehiculares en la ZMCM¹⁵

CONTAMINANTE	Ton/año
Oxido de azufre	9,132
Oxido de Nitrógeno	52,300
Hidrocarburos del escape	139,224
Hidrocarburos evaporados	54,440
Monóxido de Carbono	2,748,916
Partículas sólidas	3,309
Plomo	1,141

En tanto no se manejen otros métodos que agreguen efectividad a la lucha contra la contaminación vehicular, hay tres tipos de medidas que son las más recomendables, a saber:

- A corto plazo, la reducción del exceso de contaminación que causan los vehículos mal atendidos mecánicamente. La falta de regularidad y cuidado en la afinación de los motores de gasolina, o la deficiente atención en la calibración de los inyectores de los motores diesel, constituyen la principal causa del exceso de contaminación por fuentes móviles.
- A mediano plazo, el empleo de combustibles de mejor calidad o gas natural y la adopción por Ley de reductores de gases, más conocidos con el nombre de “*convertidores catalíticos*”.

¹⁵ Proyecciones para 1995. “*Transport Air Quality Management in the MCMA*”. BIRF. 1990.

- A largo plazo, la reducción del número de unidades motoras, a partir de un cambio substancial en los criterios actuales de transportación, el uso de vehículos eléctricos y el desarrollo de nuevas tecnologías de mayor rendimiento y menor contaminación.

Como se sugiere antes, quizá pronto lleguen a encontrarse más y mejores métodos para reducir o eliminar la contaminación, —no puede evitarse el volver a traer a cuento la preocupación que existía hace más de 150 años sobre los desechos animales en las grandes ciudades de antaño—, aunque como es fácil ver, las anotaciones contenidas en el documento del que se tomaron las citas conservan aún toda su vigencia.

La contaminación acústica

El ruido es considerado también un contaminante, que asimismo es un producto del tránsito motorizado. Por razones obvias no se incluyen aquí las fuentes sonoras ajenas a los automotores, que pueden en un momento dado aun superar al ruido vehicular de las ciudades.

El ruido de los motores se origina en los escapes y dentro de la caja del motor, la cual a menudo sirve como su amplificador. Su unidad de medida es el *decibelio* (dB), para el cual existe una tabulación que establece sus efectos.

También en este caso los efectos nocivos y el remedio posible residen en la atención al vehículo. El ruido excesivo se debe a los escapes en mal estado, los silenciadores mal diseñados y a las cajas del motor poco protegidas o mal diseñadas —abstracción hecha de algunos motores especialmente ruidosos—. Por consecuencia las medidas de reducción del ruido se deben basar en la atención de esos detalles mecánicos y de diseño.

En otra escala de cosas, hay ruidos que no pueden atacarse en el plazo corto con esas medidas. El ruido de los aeropuertos y de las vías de gran tránsito ameritan soluciones complejas —deflectores físicos contra ruido—, que pueden ser reforzadas por medio de cortinas de agua, macizos vegetales o espacios abiertos.

Antecedentes y legislación ambiental mexicana

En México se tomaron algunas medidas contra la contaminación en los años 70s cuando se cambiaron 3,000 motores de gasolina por igual número de máquinas diesel, amén de 2,000 autobuses nuevos que entraron a circular y consumían dicho combustible también. Esta medida quedó a poco neutralizada al envejecer esos vehículos y por la incorporación de unas 30,000 unidades nuevas con motores a gasolina —combis y microbuses—. Actualmente se está intentando revertir la tendencia con la introducción de nuevos vehículos y combustibles y dispositivos no contaminantes. Idénticas medidas a otras que parecen estarse dando en Santiago de Chile y otras urbes Latinoamericanas.

En lo tocante a la contaminación acústica, también se inició cierta actividad entre 1972 y 1976. Algunos estudios sobre el ruido, efectuados en la Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes del Distrito Federal, fueron utilizados en la elaboración de unas normas orientadas a reducir las emisiones sonoras de los autobuses urbanos. Tal disposición llevó a cambiar en 1977 el *"Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Originada por la Emisión de Ruidos"*, bajo auspicios de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. A pesar de que la norma no fue lo suficientemente estricta con las fuentes móviles,¹⁶ de hecho constituyó un avance, dado que llenó un vacío evidente en la legislación.

Actualmente (1996) hay una sensible reducción del ruido que producen los automotores. Excepción hecha de los vehículos más pesados —autobuses foráneos y camiones de carga de gran tonelaje— la mayoría de las unidades de transporte, autobuses urbanos incluidos, emiten menos ruido del que tolerarían los reglamentos; esto es un evidente resultado de las acciones emprendidas por los fabricantes, al amparo de una legislación que, aunque imperfecta, es bien intencionada.

10.4.3. Qué debe normarse

A lo largo de la exposición de los aspectos incluidos (o no) en los Reglamentos revisados, seguramente se ha dado ya una primera impresión de aquello que, a juicio del autor, es de importancia sujetar a normas. El

¹⁶ La medición del ruido se fijó a 15 m. lo que a menudo otorga a los vehículos un margen exagerado de sonoridad (*W del A*).

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

tema es sumamente amplio y no sería posible agotarlo en un solo capítulo, así es que se hará referencia únicamente a lo más significativo.

La estipulación de normas aplicables durante la operación de los transportes de personas puede plantearse en cuatro áreas:

- Cuestiones relativas al concesionamiento;
- cuestiones relativas a los vehículos y su circulación;
- cuestiones del comportamiento de conductores y usuarios;
- cuestiones relativas al servicio: aspectos técnicos.

Dentro de tal idea, se hace aquí un planteamiento temático sin grandes pretensiones de articulado; sólo se exponen ciertos temas interesantes, sin buscar por el momento alguna forma sistemática de expresarlos.

Referente al concesionamiento

Esta es la parte que ha sido tratada con más cuidado en toda la reglamentación existente. Como su carácter es particular de la modalidad de concesionamiento permitida o autorizada en cada lugar por la autoridad competente, no es conveniente ni necesario exponer un punto de vista de dudosa generalización. Baste decir que, en su momento, la reglamentación deberá ser clara en torno a las modalidades de transporte permitidas, su ámbito de desempeño y los derechos y obligaciones derivados de ello.

Relativo a los vehículos y a la circulación

En cuanto al contenido recomendable sobre este tema, resulta propio aludir a:

- Los tipos de vehículos: su capacidad y dimensiones;
- distribución interior y aspectos antropométricos;
- el uso permitido y, en su caso, su ubicación en el contexto vial: por ejemplo, vehículos de gran galibo sólo en ciertos corredores viales, o unidades pequeñas fuera de ellos, etc;
- estado físico: mecánico-eléctrico y general;
- dispositivos de seguridad: puertas, extinguidores, señales;
- dispositivos anticontaminantes: gases y ruido;
- revisiones e inspecciones.

Sobre el comportamiento y usanzas

Aquí la normatividad debe involucrar tanto al personal de la ruta como a los usuarios y a los peatones en general.

- Higiene y aspecto del personal;
- duración y horario de los turnos;
- ingestión de alimentos del personal de operación;
- derechos y obligaciones de los pasajeros;
- restricciones y prohibiciones;
- maniobras de ascenso y descenso;
- comportamiento a bordo.

Referente al servicio

Son múltiples las alusiones que pueden (y deben) hacerse en este renglón, y muchas de ellas están ausentes en la actual versión de los reglamentos. Mencionando a las más obvias, se tiene:

- Derroteros y tipos de servicio;
- intervalos de salida y/o de paso, máximos y mínimos;
- velocidades permitidas;
- tipo y espaciamiento promedio de las paradas;
- terminales: acondicionamiento vial, número de unidades en permanencia, instalaciones, controles;
- señalamiento e información al público;
- protecciones, encauzamientos, facilidades y comodidades;
- sobrecupos máximos;
- forma(s) de pago de la(s) tarifa(s);
- previsiones contra contingencias.

Además de lo anterior, debe adoptarse una posición por demás intransigente, y aun rayana en la intolerancia, en contra de todo aquello que sea improvisación o desorden, llámese falta de limpieza en vehículos, letreros en los parabrisas, fuentes sonoras a bordo, venta de comida en zonas de terminal, o falta de profesionalismo de choferes y concesionarios.

10.4.4. Catálogo de normas técnicas básicas

Este catálogo ha sido concebido como una relación simple que, con toda independencia de su organización temática, sólo muestra qué conceptos se sugiere que integren unas normas técnicas del transporte, sin pretender dejarlas estructuradas de una forma definitiva. Así, de darse el caso de una utilización práctica se habría logrado cierta coherencia, sin constreñirla a algún esquema fijo y necesariamente incompleto. En el mismo tenor de cosas, las cifras fijadas de algunos parámetros normativos son producto de la experiencia de algunas personas o de la intuición de muchas otras; no se intenta que lleguen a constituirse en especificaciones absolutas. En este sentido aún hay mucho por hacer.¹⁷

Sobre los vehículos

A. Índices de ocupación y niveles de confort:

El índice de ocupación será medido en pasajeros por metro cuadrado (pas/m²) fijándose los siguientes valores máximos:

Nivel A =	4 pas/m ²	(gran confort),
Nivel B =	6 "	(equivalente a primera clase),
Nivel C =	8 "	(equivalente a segunda clase),
Nivel D =	10 "	(nivel de saturación).

B. Identificación:

Todos los vehículos estarán provistos de un número que los identifique, el cual deberá ser visible cuando menos desde tres lados (los costados y atrás), y preferentemente desde cuatro (incluyendo el techo).

Sobre el diseño antropométrico de los vehículos

C. Arreglo interior:

El arreglo interior se dará con el ánimo de facilitar los desplazamientos internos normales de los pasajeros evitando la acumulación de personas en lugares inconvenientes.

¹⁷ Diversos instrumentos normativos vigentes dan ya cuenta de varias de las sugerencias de este catálogo (N del A).

D. Medidas interiores mínimas y máximas:

Las dimensiones de pasillos, asientos, altura del techo y peralte de escalones, así como la colocación de agarraderas y pasamanos, se fijarán de acuerdo con las medidas promedio de la población.

E. Requerimientos de ventilación:

Los vehículos estarán provistos de aberturas y aditamentos que faciliten la ventilación interior. Estos estarán dispuestos estratégicamente y poseerán dispositivos de cierre.

E. Previsiones de seguridad:

Desde su diseño, los vehículos estarán concebidos con las provisiones adecuadas de seguridad. Ello incluye puertas de emergencia, vidrios de seguridad, espacios apropiados para la acumulación segura de viajeros, extintores "extinguidores", ventanas amplias y provistas de cierres, etc.

Cuando ello resulte factible, se dispondrá de dispositivos de alarma (sonoros, luminosos o radiales) en previsión de actos delictivos a bordo.

F. Niveles de iluminación interior:

Las unidades tendrán un sistema de iluminación interior de acuerdo con su nivel de confort.

*Sobre los horarios de servicio***G. Amplitud del servicio:**

La duración de la jornada normal de servicio abarcará de las 6 AM a las 10 PM, pudiendo ampliarse de conformidad con las necesidades del público.

H. Intervalo máximo y mínimo:

El intervalo máximo de paso no superará los 10 minutos en la zona densamente urbanizada, y los 15 minutos en la zona periférica a ella. En las áreas rurales podrá ajustarse al valor que sugiera la demanda.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

I. Tolerancias:

La tolerancia en el tiempo de paso será de ± 30 segundos en la zona densa y ± 60 segundos en la periferia inmediata. En las áreas rurales no se requiere establecer tolerancias.

Sobre las rutas

J. Distancia entre paradas:

La distancia media interestación del transporte de superficie deberá fijarse en 400 m en el servicio ordinario y en no más de 2,000 m en el expreso.

K. Longitud recomendable:

Las longitudes de trayecto estarán comprendidas entre 8,000 y 15,000 m en cada sentido, preferentemente.

L. Índice de sinuosidad:

El índice de sinuosidad estará comprendido entre 1.5 y 2.0.

M. Separación entre servicios:

Dos servicios con trayectorias semejantes en 80%, quedarán separados transversalmente entre 500 y 1,000 m, dependiendo de la estructura del área urbana.

N. Variantes y derivaciones:

Los servicios normales podrán operar de una a dos variantes siempre y cuando los intervalos de paso en las derivaciones no superen el valor máximo especificado.

O. Denominaciones:

Las denominaciones de los servicios (los nombres) deberán corresponder a orígenes y destinos del dominio público. Eso no cancela la posibilidad de que las rutas posean su propia clave para uso interno.

*Sobre la operación***P. Tipos de servicio:**

Podrán programarse tres tipos básicos de servicio y algunas de sus combinaciones, a saber:

- Ordinario o normal, que se detendrá en todas las paradas;
- expreso, que lo hará sólo en paradas seleccionadas;
- directo, que no se detendrá sino en los puntos extremos y en uno o dos puntos intermedios.
- Podrán existir las combinaciones semidirecto o semiexpreso.

Q. Tipos de paradas:

Habrán dos tipos de paradas: obligatorias y optativas. En las primeras se hará alto total incondicionalmente. En las segundas la detención estará sujeta a algún posible ascenso o descenso de pasaje. La detención siempre será total.

R. Tiempo de permanencia en las terminales:

La permanencia en las terminales quedará reducida al tiempo necesario para ajustar los horarios de salida y permitir al conductor alguna atención personal urgente.

S. Velocidades permitidas:

Las velocidades permitidas serán las reglamentarias, o las que estén específicamente señaladas en los trayectos conforme al programa operativo.

T. Operación de puertas:

Las puertas sólo se abrirán en los lugares de parada o en casos de emergencia; bajo condiciones normales de trabajo —cuando la unidad se esté moviendo—, permanecerán cerradas.

U. Empleo de bitácoras:

El personal de operación —choferes, despachadores o checadores y jefes de servicio— deberá llevar una bitácora en la cual se anote lo más tras-

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

cedente de la jornada: accidentes, vehículos en operación, número de salidas, averías, etc.

V. Reserva de unidades y de personal de ruta:

En los extremos del trayecto cada servicio contará con una reserva de vehículos y personal, estimada mediante un cálculo apropiado.

W. Controles:

Se deberán ejercer los controles necesarios para garantizar la buena marcha del servicio y la detección oportuna de fallas o anomalías. Entre los controles obligatorios deberá estar una revisión cotidiana de los equipos, incluyéndose en ello las partes críticas y los instrumentos. Durante la operación se ejercerá un control sobre la frecuencia y la cobertura del trayecto.

En la medida de lo posible, los vehículos deberán estar conectados radiofónicamente con un centro de control.

X. Documentos de operación:

Todos los servicios estarán documentados, debiéndose tener constancia por escrito de sus características —denominación oficial, horario y número asignado de vehículos—, pliego de secuencia de salidas (orden de salida), frecuencias básicas de operación y cuadro de tiempos.

Sobre la información al público

Se dará información al público bajo dos niveles de detalle: global sobre todo el sistema y particular de la ruta.

Y. Letreros, banderas e información interior:

Los vehículos estarán provistos de letreros, visibles día y noche, de la denominación de la ruta y, en su caso, de la variante. Esta información deberá colocarse al frente y en los costados de la unidad.

En el interior de los vehículos del servicio expreso se mostrará, en un esquema de la ruta, el nombre y la posición relativa de las paradas.

Z. Información en terminales;

En las terminales múltiples se incrementará la información, incluyendo la ubicación de las rutas en los andenes y, en forma sonora, los momentos de salida.

*Sobre el personal***AA. Cargos y responsabilidades:**

Todos cuantos laboren en la organización lo harán ocupando un puesto definido en su denominación y responsabilidades.

AB. Estatus legal y laboral:

Toda persona que desempeñe algún cargo o actividad dentro de la organización, lo hará conforme a algún convenio o contrato legal.

AC. Vestuario y uniformes:

Los choferes y el demás personal de operación irán preferentemente uniformados. La indumentaria del personal será completa y de acuerdo con las costumbres del lugar.

AD. Identificaciones:

Toda persona que tenga trato con el público deberá estar provisto de una identificación visible (gafete).

*Diversos***BB. Publicidad:**

Los vehículos e instalaciones podrán dar cabida a anuncios o referencias publicitarias, siempre y cuando estén bien identificados los lugares destinados para ello y no causen obstrucciones a la visibilidad ni deterioro a la imagen del servicio.

La infraestructura —paraderos y zonas de terminal— podrá albergar áreas de uso comercial misceláneo diseñada exprofeso.

BC. Cabinas para los choferes:

El área dedicada a la conducción de los vehículos deberá separarse del resto del habitáculo, de manera de proporcionar un espacio exclusivo para el chofer. En tal lugar sólo irá viajando el propio conductor de la unidad.

BD. Sobre el confort del público:

El confort del público deberá reforzarse mediante expresa prohibición de fumar a bordo, viajar con equipaje voluminoso o animales y portar radios o fuentes sonoras encendidas.

BE. Estadísticas:

Quienes operen un servicio de transporte tendrán el deber de levantar y llevar una estadística del servicio, la cual permitirá determinar diaria y mensualmente, como mínimo los valores siguientes:

- días trabajados por cada vehículo;
- vueltas dadas y kilometraje recorrido por unidad;
- pasajeros transportados (de ser necesario, clasificados);
- estipulaciones importantes específicas del servicio.

10.4.5. La desregulación del transporte urbano

El tema de la desregulación o desreglamentación del transporte cobró interés en toda América Latina a principios de la década actual.¹⁸ La idea subyacente en la desregulación era favorecer la libre competencia en el servicio. En los diferentes países la disposición fue adoptada en forma e intensidad distintas; sus efectos, no obstante, han resultado muy semejantes.

¹⁸ México no se sustrajo a ello. En 1991, por disposición de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, y a petición de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial y de Hacienda y Crédito Público, el transporte automotor federal —pasaje y carga— fue sujeto a una desregulación que comprendió el concesionamiento y los aspectos tarifarios. Por estar bajo la jurisdicción estatal, el transporte urbano quedó pendiente para alguna fecha posterior. Hasta 1996, esa iniciativa no había sido retomada y permanecían bajo estudio sus posibles efectos (*N del A*).

tes: la medida en cuestión no parece haber llevado al resultado esperado. Existen cuando menos dos documentos críticos de esa experiencia,¹⁹ ambos firmados por destacados técnicos internacionales; uno fue "¿Qué pasa cuando se desreglamenta el transporte colectivo urbano?" de Ian Thomson de CEPAL y el otro "La desreglamentación Chilena" de Rogelio Belda de la ANTP de Brasil. En ambos casos se coincide en que la desregulación del transporte urbano origina graves contratiempos y perjuicios al transporte que no resultan compensados con sus eventuales ventajas. Entre ellos están un alza inmoderada inicial de las tarifas con una posterior declinación como consecuencia del cada vez mayor encarecimiento, aunado con un aumento de nuevos participantes competidores de características más modestas y provistos de vehículos de menor tamaño y también menor nivel organizativo (que buscarían el abatimiento máximo de los costos).

El resultado final se resume, según los autores, en aumentos de los niveles de congestión vial y contaminación ambiental, además de una buena dosis de incertidumbre entre el público usuario por causa de la inestabilidad del servicio —muchos de los prestadores desaparecen por inviabilidad financiera— e irregularidades de los precios de pasajes y fletes. En consecuencia, y diciéndolo en palabras de uno y otro de los autores referidos, «_ la introducción de la [libre] competencia empresarial en el área del transporte colectivo [urbano] debería llevarse a cabo de una manera distinta a la de la desreglamentación global del sector.» y también, «...El transporte (...) de una ciudad, por ser un servicio de utilidad pública, debe ser una función de plena responsabilidad del gobierno.»

¹⁹ El tema fue muy debatido en el V Congreso Latinoamericano de Transporte Público celebrado en Santiago de Chile en noviembre de 1991 y en el Seminario Técnico de la CEPAL en Asunción, Paraguay en octubre de 1992 (*Id. del A.*).

APENDICE A

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE TRABAJOS DE CAMPO

1. Introducción

Debido a la dinámica de las sociedades modernas, el esquema de la demanda de transporte se modifica continuamente. Por ello que hay que renovar con cierta frecuencia el conocimiento que se tenga de las características de dicha demanda. Esto sólo se consigue a través de investigaciones y verificaciones directas efectuadas periódicamente sobre las rutas mismas del transporte.

La investigación de la demanda de transporte es una actividad que exige de quienes la ponen en práctica atención, persistencia, agudeza mental y agilidad en la toma de decisiones.

No obstante ello, se requiere además establecer perfectamente y de manera anticipada los pasos de la metodología a seguir y los criterios de tipo general que se adoptarán. Tales son los objetivos que cumplen los manuales e instructivos de métodos y procedimientos como el presente. Este manual pone las bases para apoyar varios de los tipos de investigación que hay sobre el transporte urbano de pasajeros.

En este diseño de la organización de los trabajos de campo se asume que las investigaciones de campo se llevarán al cabo por un solo *organismo de supervisión*. Luego entonces, todos los comentarios del presente manual dan por sentada tal organización.

En lo sucesivo, con el fin de abreviar su identificación, nos referiremos a este documento con los nombres de: manual, instructivo o guía, indiferentemente.

2. Objetivos

Con este documento se cumplen los siguientes objetivos:

- a) El manual contiene toda la información necesaria para llevar al cabo investigaciones completas sobre la forma y las condiciones de la operación de los servicios de transporte.
- b) El manual deberá poder satisfacer cualquier duda fundamental del procedimiento a seguir en la investigación.
- c) El manual orienta a los *investigadores*, a los *coordinadores* de grupo y a los *supervisores* sobre las opciones para resolver casi cualquier problema que se presente durante la investigación.
- d) El manual marca las directrices para el desarrollo de cada proceso de obtención de datos por separado.
- e) El uso continuo del instructivo permitirá afirmar conocimientos sobre los procedimientos.

3. Estructura general

La base de toda investigación de campo es el personal que la realiza, el instrumento de trabajo es la metodología de obtención de los datos; y el objeto de la investigación es, ya sea la demanda o bien la oferta de transporte.

Todo el personal ha de ajustarse a una organización jerarquizada que permita el control y la supervisión de todas las tareas y actividades que se tengan que realizar para la recopilación de los datos.

El esquema que se maneja en la organización incluye una *Jefatura de Supervisión*, un *Supervisor General*, más un *Supervisor Local* por cada una de las rutas de transporte implicadas en la investigación y en cada turno; varios *Coordinadores de grupo* y tantos *Investigadores de Campo*, ya sean estos *Encuestadores* o *Aforadores*, como fueran necesarios para la obtención de los datos.

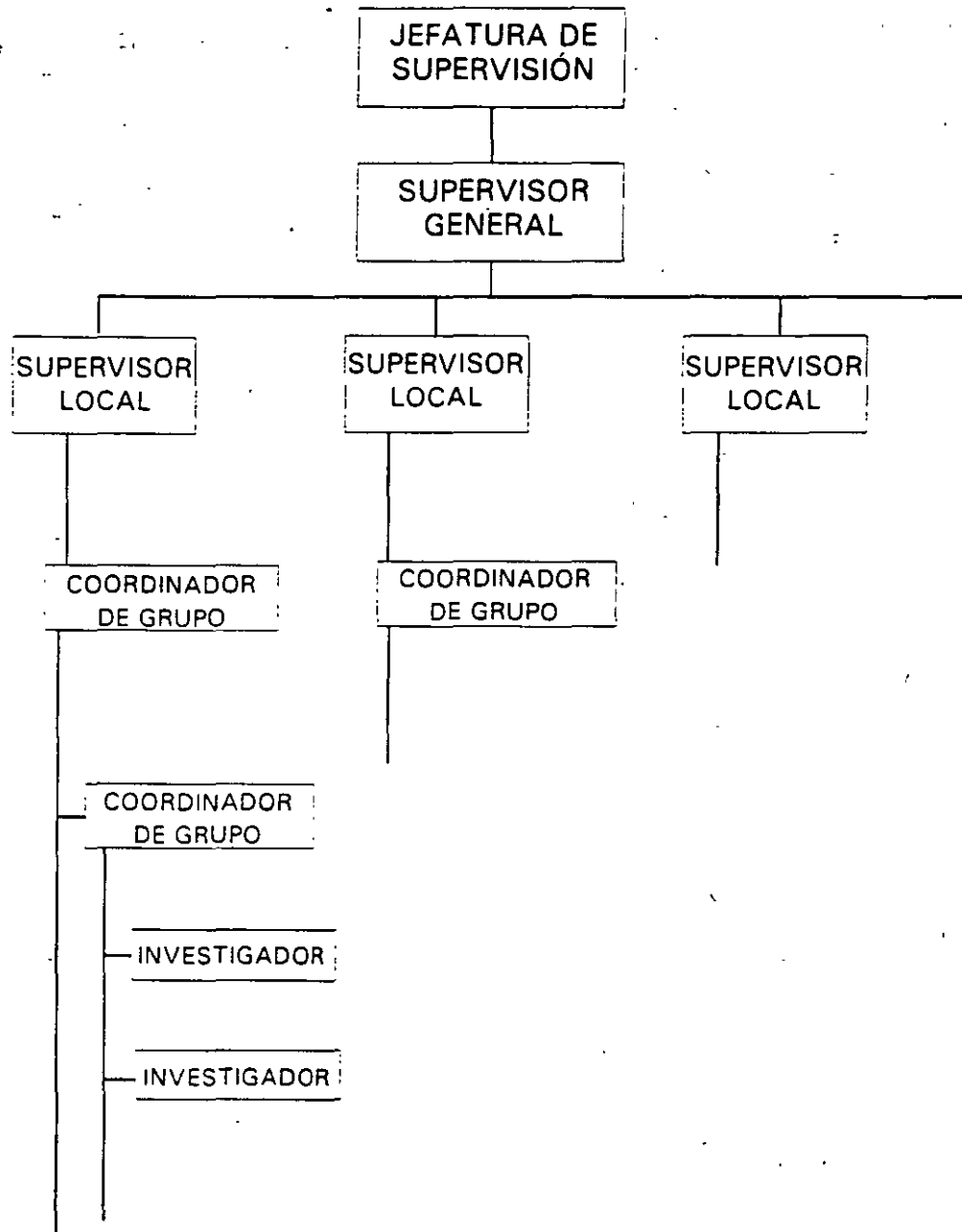


Figura Ap. 1. Organización de los investigadores de campo

4/12

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Esta organización tiene una gran capacidad de trabajo; y aunque no todos los proyectos la puedan justificar, da una buena idea del esquema general de organización.

El esquema de la organización tiene la estructura que se describe en la Figura Ap 1. Las funciones que deberá desarrollar cada uno de estos elementos se explica —a la manera de un perfil de actividades—, en los párrafos que siguen. La descripción se limita a los aspectos estrictos de la investigación omitiendo las cuestiones administrativas.

Perfil de actividades del Jefe de Supervisión.

- Instruye verbalmente al *Supervisor General* sobre todos los objetivos del trabajo.
- Establece las políticas, internas y externas que deban de cumplirse en el transcurso de la investigación.
- Modifica los criterios de captura de datos, de acuerdo con el *Supervisor General*, con el fin de optimizar los rendimientos del personal durante la investigación.
- Resuelve los conflictos que pudieran surgir entre los participantes.

Perfil de actividades del Supervisor General

- Nombra y remueve de sus cargos a los Supervisores, de acuerdo con la *Jefatura de Supervisión*.
- Capacita al personal que se encuentre en el nivel de *Supervisor*.
- Vigila que los Supervisores impartan correctamente la capacitación a los *Coordinadores*.
- Asiste a las reuniones de *Supervisores* y *Coordinadores*.
- Asigna funciones a los *Supervisores*.

350

- Recibe la información de campo, en la presentación que se acuerde, para ser entregada a la *Jefatura de Supervisión*.
- Tramita y obtiene de quien la tenga, la información general de las organizaciones del transporte involucradas: identificación, domicilio, número de vehículos, etc.
- Transmite a los *Supervisores* la información de que se dispone.

Perfil de actividades del Supervisor

- Recibe indicaciones del *Jefe de Supervisión* y del *Supervisor General*.
- Capacita al personal que se encuentra en el nivel de *Coordinador de grupo*.
- Asigna funciones y tareas a los *Coordinadores de grupo*.
- Vigila y asesora a los *Coordinadores de grupo* para que capaciten correctamente a los *Investigadores*.
- Establece los criterios que deben seguirse en cada caso para obtener información relevante de las rutas de transporte.
- Obtiene del *Supervisor General* (y en caso necesario de la autoridad del ramo) la información oficial necesaria para la realización del estudio.
- Establece, de acuerdo con el *Supervisor General*, los programas de la investigación.
- Determina los horarios y los turnos, atendiendo a las sugerencias del *Coordinador de grupo*, y de acuerdo con los programas.

Perfil de actividades del Coordinador de grupo

- Recibe indicaciones del *Supervisor*.
- Establece la comunicación entre la *Supervisión* y los *Investigadores de Campo*.
- Capacita a los *Investigadores de Campo* en torno a los métodos aceptados para la recopilación de datos.
- De acuerdo con el programa, asigna las responsabilidades y las tareas a cada uno de los *Investigadores de Campo*.
- Define los grupos de trabajo y los lugares de realización de labores.
- Instruye a los *Investigadores* sobre la forma y condiciones con que se tienen que obtener los datos.
- Entrega con oportunidad los *Formatos* necesarios para el registro de la información a cada grupo de trabajo, según el estudio por realizar.
- Revisa a cada uno de los grupos de investigación, con el fin de verificar que se cumpla con los requerimientos fijados para el personal y con la metodología establecida.
- Programa anticipadamente, y de acuerdo con el calendario, los horarios y turnos de trabajo.
- A la terminación de cada turno, recopila los *Formatos* ya llenos, y los entrega para su verificación al grupo encargado de ello.

Perfil de actividades del Investigador de Campo

- Recibe instrucciones del *Coordinador*.
- Informa a los *Supervisores* y *Coordinadores* acerca de los trabajos que desarrolla, cada vez que le sea requerido.

- Asiste a las reuniones convocadas para recibir la capacitación, instrucciones o la documentación necesaria para el trabajo.
- Se presenta en el lugar y horario convenidos, para recabar los datos especificados para los estudios.
- Llena los Formatos de registro de información, de acuerdo con las indicaciones recibidas.
- Entrega los Formatos ya llenos a su *Coordinador*, previamente revisados y firmados.

4. Capacitación

El proceso de capacitación para el desarrollo de los estudios obedece a la necesidad de contar con el personal idóneo para el trabajo. En su organización tiene la estructura jerárquica que ya quedó establecida (ver Figura Ap. 1).

La transmisión de conocimientos sobre los sistemas y métodos de obtención de datos sigue, en lo básico, la secuencia de: **supervisor general, supervisor, coordinador de grupo, investigador de campo**. De esa forma se garantiza la buena comunicación entre todos los niveles de actividad.

Bajo estas condiciones, el responsable de la capacitación de la totalidad del personal que tenga que intervenir en la investigación es el Supervisor General.

No obstante, los supervisores, los coordinadores y los investigadores de campo podrán en cualquier momento durante la obtención de los datos, consultar con su jefe inmediato superior acerca del método o de los procedimientos que se deberán seguir para resolver cualesquiera contingencias que no estuvieran previstas en el manual.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

El proceso de capacitación abarca dos etapas, una fase teórica y otra práctica que cubren los siguientes aspectos:

I Fase Teórica

1. Exposición de los objetivos del estudio.
2. Descripción de la estructura organizacional del trabajo.
3. Explicación pormenorizada de los Formatos de registros de datos.
4. Recomendaciones generales a los participantes.

II Fase Práctica

Ejemplificación del llenado de todos los Formatos. Primero con datos simulados (en el aula), y posteriormente de manera directa en alguna terminal o base de transportes.

Existen otros aspectos que deben considerarse dentro del esquema de capacitación. Entre ellos pueden mencionarse: la posición que debe guardarse en cada etapa del trabajo, o sea, el establecimiento del punto en donde hayan de hacerse las lecturas; o la forma de identificar inequívocamente el nombre de la ruta estudiada, etc. Aunque todo posee importancia, no es práctico incluir cada paso posible en las páginas de este manual, será entonces la organización del trabajo, la labor de Coordinadores y Supervisores y, sobre todo, la planeación detallada, lo que cubra dicha necesidad.

5. Obtención de datos

En nuestro caso, la obtención de datos debe entenderse como "el registro, gráfico o escrito, de la información necesaria para conocer la ubicación, la cantidad y tipo de vehículos, el nombre y el número de la ruta y la organización a la que pertenece, el nombre del ramal, así como los parámetros de la operación de las unidades de transporte que existen en la ruta bajo estudio".

La información, como la organización del personal, está jerarquizada. Por tanto, no todo el personal es responsable de obtener la totalidad de los datos relacionados con la ruta que le ha sido asignada para su investigación.

354

Para la obtención de los datos se han de cumplir cuatro condicionantes, a saber: el LUGAR en que debe recopilarse la información; la CONFORMACION o forma de recibir las instrucciones y de realizar los trabajos de la investigación; el uso o utilización de la papelería oficial, o sea, el empleo de los FORMATOS aceptados de registro, y las condiciones a que habrá de sujetarse la ENTREGA de la información resultante. En los párrafos que siguen, se describe cada uno de esos factores.

En los Formatos hay cuatro separaciones o «campos» perfectamente diferenciables: la *cabeza*, que sirve para anotar los nombres del estudio y de la hoja; la *identificación* del trabajo, donde se incluyen los datos más generales: la empresa, la ruta, la fecha, la hora, etc. El cuerpo propiamente dicho de la cédula o formato, donde se anotará a su vez la información básica para el análisis, establecida de acuerdo con las condiciones del estudio de cada caso. Y el *pie*, donde generalmente se identifica a los responsables de la obtención de los datos recabados en cada caso. Todo esto se describirá con detalle más adelante, para cada uno de los Formatos.

A continuación se explicarán las características de cada uno de los estudios más usuales en los análisis de las rutas, y el contenido de los Formatos con los que se consigue la información.

5.1 El inventario

El inventario comprende la descripción detallada de los principales componentes de cada ruta. Tiene como objetivo identificar el número y la ubicación de las terminales y bases, la cantidad de variantes o *ramales*, los horarios y las tarifas de servicio. El Formato que debe usarse es el **FRM-R1**; sus componentes se describen a continuación:

LUGAR

En general, el "LUGAR" en el que se tienen que recopilar los datos debe coincidir con la ubicación de puntos de paso o de acceso a los transportes. Se localizan principalmente sobre las vialidades —primarias y secundarias—, en las terminales de los mismos transportes, en las estaciones del Metro (en su caso), y en otros puntos importantes de intercambio modal.

CONFORMACION

Se llama "CONFORMACION" al cuidado que debe observar el personal, respecto al sistema de organización, para el cumplimiento de sus obligaciones durante el desarrollo de los trabajos, de acuerdo con el perfil de actividades que tenga cada miembro de la estructura.

FORMATOS

Los "FORMATOS" son las hojas o cédulas que se usan para el registro de información. En estas hojas se deberán anotar los datos sobre la identificación, el desempeño y las demás condiciones de operación de la ruta bajo estudio. Todos los Formatos están compuestos por cuatro partes: la **cabeza**, la **zona de identificación**, el **cuerpo** mismo de los Formatos, y el **pie**, como se explica más adelante.

RECEPCION

Con "RECEPCION" se pretende hacer entender a la actividad de *recibir*, ya sean instrucciones, la asignación del lugar de la realización del trabajo, o bien la documentación oficial para el registro de datos, o algunos detalles sobre el comportamiento de los vehículos y los trabajadores de las rutas.

SUPERVISION DE RUTAS DE TRANSPORTE

FRM-R1

INVENTARIO DEL SERVICIO

HOJA: /

DATOS DEL PUNTO DE OBSERVACIÓN		<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>
NOMBRE: _____		
LOCALIZACION: : CALLE _____		
COLONIA: _____	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	ENTIDAD o SECTOR: _____

AGRUPACION Y CONCESIONAMIENTO	RUTA (No.)	BASE (CALLES)	RAMAL		HORARIO		TARIFA	
			No	ORIGEN - DESTINO	I	T	O-D	P.I.
1								
LOCAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
ESTATAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
FEDERAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
2								
LOCAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
ESTATAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
FEDERAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
3								
LOCAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
ESTATAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
FEDERAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
4								
LOCAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
ESTATAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
FEDERAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
5								
LOCAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
ESTATAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
FEDERAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
6								
LOCAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
ESTATAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							
FEDERAL:	<input style="width: 20px; height: 15px;" type="text"/>							

Encabezado

Esta parte tiene dos renglones: el nombre del proyecto, digamos, "SUPERVISION DE RUTAS DE TRANSPORTE", que se ubica en el primero de los renglones. En el segundo renglón se anota el nombre del estudio parcial, "INVENTARIO DEL SERVICIO", por ejemplo.

En esta área de la hoja de cédula suelen aparecer dos conceptos más: la clave del Formato; en este caso FRM-R1, y un espacio para colocar el número progresivo de la propia cédula, así:

- HOJA. / . En ambos lados de la diagonal se incluyen el número de la hoja y el número total de las hojas usadas para tomar el inventario, respectivamente.

Identificadores

Entre el encabezado y el cuerpo del Formato, se ubican los espacios para identificar los datos generales de la investigación. Ellos son:

- Datos del punto de observación. O sea, la denominación con la que se conozca el lugar donde se toman los datos o se hacen las observaciones.
- Estación del Metro más cercana a la base (en su caso).
- La ubicación geográfica según tres localizaciones: calle, colonia y delegación o municipio.

Los espacios encuadrados después sirven para incorporar la codificación que corresponda; su establecimiento quedará a cargo del *grupo de procesamiento* de la *información*, de cuyas atribuciones se habla por separado.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

Cuerpo

El cuerpo del Formato FRM-R1 es una retícula de seis columnas y 14 renglones aproximadamente. Las columnas contienen los encabezados informativos y los renglones sirven para anotar las diferentes observaciones.

Las columnas son :

- **AGRUPACION:** En esta columna se escribe el nombre de la empresa, agrupación o colectividad de transportes que se esté investigando.
- **RUTA NUM:** Sirve para anotar el número correspondiente al servicio, si lo tiene.
- **BASE:** En esta columna se escribe la ubicación de la base o terminal, según la calle o calles donde se localiza.
- **RAMAL:** Esta columna está subdividida en dos partes, una para el número progresivo del ramal, cuando lo tenga, y otra para anotar los nombres extremos de cada recorrido (el origen y el destino).
- **HORARIO:** Asimismo se subdivide en dos partes: una para la hora de inicio del servicio (AM) y la otra para la hora de su terminación (PM).
- **TARIFA.** Esta columna también se subdivide en una columna para la tarifa de extremo a extremo (OD) y otra para las tarifas entre puntos intermedios (PI).

Los renglones son:

- Los dos primeros renglones se usan para los nombres de las columnas y sus subdivisiones.
- Los restantes renglones se usan para el registro de los datos.

Pie

Los datos finales que corresponden al pie del Formato son también identificadores.

Estos datos son:

- FECHA: Este espacio servirá para anotar la fecha de la investigación.
- DIA: Nombre del día de la semana en que se realizó el trabajo de observación contenido en la hoja.
- INVESTIGADOR: Corresponde al nombre y la firma de quien obtiene los datos.
- COORDINADOR: Aquí se señalará el nombre y la firma del coordinador que es responsable del equipo al que pertenece el investigador que tomó la información de campo.

5.2 Descripción de recorridos

La descripción de los recorridos de las rutas de autobuses y demás servicios de transporte de superficie es fundamental para conocer de la manera más completa posible el esquema general de la red. La investigación de los recorridos permite hacer la representación gráfica de la red de los medios en cuestión, así como el análisis correcto de su operación.

La obtención de los datos se debe efectuar según el Formato FRM-R2 que se describe a continuación.

Encabezado

En el encabezado se incluyen los nombres del proyecto y el de la hoja de registro de información en particular. Por ejemplo: "SUPERVISION

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

DE RUTAS DE TRANSPORTE", u otro que le fuera propio, y luego, "DESCRIPCION DE RECORRIDOS". De la misma manera, se incluye la referencia nominativa del Formato y el esquema de numeración.

Identificadores

Ese grupo de datos está inmediatamente abajo del encabezado. Sirve para identificar los elementos de más importancia de la investigación emprendida.

Los datos *identificadores* son:

- RUTA: En este espacio se escribe el número de la ruta.
- RAMAL: En este espacio se da el nombre correspondiente al "ramal" o "derivación" con base en su origen y destino o de como sea reconocido.
- TIPO DE VEHICULO: El espacio para el tipo del vehículo se llenará con el dato de **autobús**, **micro**, o **varios**, que corresponde a casos diversos (camioneta tipo Van, Combi, etc). Los tres espacios enmarcados se usarán para anotar el código asignado al tipo de unidad; esta información se incluirá durante el proceso de codificación y correrá a cargo de otro grupo del manejo informativo.
- HORA DE INICIO DE VIAJE. Aquí se anotará la hora en que arranque el vehículo del que se tome la información, al iniciar su recorrido.
- HORA DE TERMINO. Aquí se anotará la hora de llegada a la base o terminal del otro extremo.
- Km. INICIAL Y Km. FINAL. Estos datos, como su nombre lo sugiere, corresponden con las lecturas del odómetro del vehículo en el cual se haga el recorrido.

Preferentemente la descripción del recorrido se tomará desde a bordo; cuando no fuera ello posible, se tomará siguiendo a alguna de las unidades del servicio que se estuviera investigando, a bordo de algún

otro vehículo. En uno u otro caso se preverá que esté provisto de un cuenta-kilometros (odómetro) en buen estado y con una aproximación de lecturas de 100 m. Las lecturas hechas a la salida y a la llegada serán las que se anoten en el Formato.

Cuerpo

Al igual que la parte de los identificadores, el cuerpo del Formato se divide también en dos partes, coincidentes éstas con las columnas de los identificadores y con cuya información se corresponde. La información de la primera columna se refiere al servicio DE IDA; la de la segunda al servicio DE REGRESO.

En cada una de esas 2 partes existe una subdivisión de tres columnas que, respectivamente, son:

- **MOVIMIENTO (MOV).** En esta columna se inscriben los cambios de dirección, o se registra el cambio de nombre de las calles del trayecto. La simbología que se deberá utilizar es la siguiente:
 - D = vuelta derecha
 - I = vuelta izquierda
 - F = de frente.
 - U = vuelta en "U".

La F sólo se usará en el caso de que una calle, con un nombre previamente registrado, modifique su nomenclatura sin cambiar de dirección.

- **CALLE DEL RECORRIDO.** En esta segunda columna se escribe el nombre de cada una de las calles que forman parte del trayecto de la ruta en estudio. Todos los cambios en el nombre de las calles se deben escribir, aunque no alteren su dirección; tales cambios tienen que coincidir con una F en la columna **MOV**.
- El principio del recorrido quedará definido haciendo uso de una T, que hará alusión al punto que sea considerado como terminal. Se indicará en el Formato mediante un texto como el siguiente:

"Terminal principal ubicada en la calle (nombre), entre (nombre) y (nombre)...."

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- **OBSERVACIONES.** En ocasiones esta puede ser la columna más importante del registro de datos. Las observaciones que se hicieran sobre el recorrido bajo estudio, podrían eventualmente llegar a modificar o a afectar las condiciones de operación. Digamos por ejemplo:

“Durante las horas de máxima demanda, la vuelta o el cierre de circuito se efectúa fuera de la base”.

Los dos cuerpos de 3 columnas descritos, se dividen aproximadamente en 14 renglones: el primero, para los respectivos encabezados de IDA y REGRESO; el segundo, para indicar los nombres de las columnas; y los siguientes renglones, para la anotación de los datos del recorrido. En el último renglón (antes del pié) se presentan las claves F, D, I y U del sentido del movimiento.

Pie

Este Formato tiene el mismo pié que en hoja del inventario; deben pues escribirse los siguientes datos:

- **FECHA:** Día, mes y año en que se llevó al cabo el trabajo descrito.
- **DIA:** Nombre del día de la semana.
- **INVESTIGADOR:** Nombre y firma de la persona que obtuvo los datos.
- **COORDINADOR:** Nombre y firma del coordinador del grupo que llevó al cabo la investigación.

5.3 Frecuencia de servicio

La frecuencia del servicio de una ruta de autobuses o de colectivos es uno de los más importantes indicadores de la relación que existe entre la oferta y la demanda.

La frecuencia es el número de vehículos que salen de un lugar o pasan por un punto durante una unidad de tiempo, (digamos en una hora). Ese ritmo de operación también puede indicarse con el INTERVALO DE PASO, es decir, el número de minutos que transcurre en promedio durante el paso de dos vehículos consecutivos.

La precisión con que se haga el registro de los datos de la frecuencia influye directamente en el resultado final del estudio. Dicha razón es más que suficiente para que los investigadores, los coordinadores y los supervisores atiendan esta parte del trabajo con especial interés.

El Formato para esta investigación se divide como sigue:

Encabezado

El encabezado incluye, como es usual, el nombre general del proyecto y el nombre del estudio parcial, en este caso, digamos: "FRECUENCIA DE SERVICIO Y NIVEL DE OCUPACION". Se agregan, como también es habitual, la clave del Formato —FRM-R7— y el espacio para numerar las hojas.

Indicadores

El grupo de indicadores de este Formato es el siguiente:

- **PUNTO DE OBSERVACION:** Se identifica con la calle, lugar, cruce o nombre del punto donde se hacen las observaciones.
- **FECHA:** Corresponde al día en que se realiza el estudio.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- **DIA:** Nombre del día de la semana (la inicial o el número ordinal).
- **HORA:** Se anota en dos espacios. En el primero se indica la hora en que se registró la primera observación y en el segundo la hora en que se registra el último dato que se puede escribir en la hoja.

Es importante insistir en que las horas que se anotan en esta parte son las de la primera y la última observaciones registradas en cada hoja y no otras.

Cuerpo

El cuerpo del formato está dividido en quince columnas, separadas en tres bloques de cinco columnas cada uno. En el otro sentido se tienen 17 renglones aproximadamente.

A continuación se describen las cinco columnas de cada bloque:

- **HORA.** Aquí se anota la hora que era al momento de la observación del vehículo cuyos datos se consignan.
- **RUTA.** Se refiere al número de la ruta a la que pertenece el vehículo.
- **VEHICULO.** Aquí se indicará el tipo de vehículo observado. La anotación se hará por medio de alguna de las claves incluidas en el último renglón del cuerpo.
- **PASAJEROS.** Corresponde al número de usuarios que ocupan el vehículo. Por lo común dicho número se estima apreciando qué tan llena va la unidad; para ello se usan las claves numéricas que se muestran en el último renglón del cuerpo.

De los renglones, el primero contiene las cabezas de las columnas y los siguientes son para el registro de los datos. En el último renglón, antes del pie, aparecen las claves del tipo de unidad y del nivel de ocupación.

El bloque de claves consta de nueve casos, seis del tipo de unidad: S, C, M, A, U y O (véase adelante) y seis más aplicables al nivel de ocupación, que asimismo pueden verse en seguida:

Claves del tipo de vehículo

S = Sedán
C = Combi
M = Microbús
A = Autobús
U = Autobús suburbano
O = Otros

Claves del nivel de ocupación

0 = Vacío
1 = $\frac{1}{4}$ Lleno
2 = $\frac{1}{2}$ Lleno
3 = $\frac{3}{4}$ Lleno
4 = Lleno
5 = Sobrecargado

Pie

El pie es prácticamente igual a los de los formatos anteriores. Tiene espacios para la identificación del investigador y del supervisor.

5.4 Nivel o índice de ocupación

El índice de ocupación es tan importante como la propia frecuencia de servicio. La ocupación nos da el número de personas y la frecuencia el número de vehículos. Los dos valores son inseparables; por eso, en el formato para hacer la determinación de la frecuencia se incluye el dato de los pasajeros que llegan o salen en cada unidad.

Aunque las investigaciones sobre la frecuencia y la ocupación pueden hacerse por separado y con fines diferentes, es conveniente obtener la información en forma simultánea. De esta manera se puede ahorrar recursos y se garantiza una completa relación entre los dos factores principales del análisis de la operación. Debido a que el formato ya fue descrito, no se harán más comentarios.

5.5 El ascenso y descenso del pasaje

Los estudios de ascenso y descenso de pasajeros se pueden realizar bajo dos modalidades: a bordo de los mismos vehículos, que se les denomina como "estudios de pasaje a bordo", y en los puntos de abordaje, que se les llama más propiamente "estudios de ascenso y

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

descenso" como expresa el título del apartado. Tienen como finalidad primordial identificar aquellos puntos del recorrido en los que hay demanda y conocer, simultáneamente, la disponibilidad de espacios en los vehículos en tales lugares¹. Se trata entonces, de estudios orientados a diseñar el manejo operativo del transporte.

Por razón de lo anterior existen dos formatos, uno en cada modalidad, y conforme a ella difieren. Luego pues, los trataremos por separado sin ocultar el hecho de que hablamos de dos versiones de lo mismo.

5.5.1. ESTUDIO DE PASAJE ABORDO

Esta investigación, como se ha dicho, es alterna a la siguiente (5.5.2). Las dos obedecen a un mismo fin: determinar el movimiento real de pasajeros en las unidades; en este caso, mediante observaciones del fenómeno abordó de los vehículos.

El formato que se emplea —el **FRM-R3**—, se compone de las cuatro partes que se describen a continuación:

Encabezado

Como siempre el encabezado del Formato sirve para identificación del proyecto y del estudio parcial: "ESTUDIO DE PASAJE ABORDO". Estos dos nombres ocupan los dos primeros renglones de la cédula. La clave del Formato —FRM-R3— y los espacios para numerar las hojas, también se ubican en este lugar.

Identificadores

La zona dedicada a los identificadores está dividida en dos partes: una para registrar los datos del servicio y otra para los datos del vehículo.

¹ Al realizar los dos tipos de observación se puede detectar tanto la demanda atendida (pasaje a bordo) como la fracción de la demanda total en cada punto, que atiene el servicio (ascenso y descenso). El pasaje que permanece sin subir — la demanda no atendida— forma parte de la demanda global y podría eventualmente ser transportado también.

SUPERVISION DE RUTAS DE TRANSPORTE

FI 3

ESTUDIO DE PASAJE A BORDO

HOJA: 1

DATOS DEL SERVICIO.-

RUTA: _____

RAMAL: _____

FECHA: (dd-mm) DIA: (d)

DATOS DEL VEHICULO.-

TIPO DE VEHICULO: _____ CAPACIDAD: _____

NUM.PUERTAS: _____ NUM.ECONOM:

HORA INICIAL: _____ HORA FINAL: _____
(de la vuelta) (de la vuelta)

	TRAYECTO EN: (ANOTAR LA CALLE)	ESQUINA CON: (ANOTAR LA CALLE)	BAJAN (NUMERO)	SUBEN (NUMERO)	NO SUBEN (NUMERO)	A BORDO (EN GABINETE)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

SUMAS:

INVESTIGADOR: _____

COORDINADOR: _____

DATOS DEL VEHICULO

- Se indicará el Tipo del vehículo.
- Se anotará el cupo o capacidad.
- Se indicará el número de accesos (puertas).
- Se anotará el número económico.
- En esta misma sección de la cédula se indicarán las horas inicial y final del período de observaciones.

DATOS DEL SERVICIO

- Se registra el número de la ruta.
- Se escribe el nombre del ramal.
- Se anota la fecha de la investigación, y el día de la semana al que corresponde.

Cuerpo

El cuerpo del Formato tiene 6 columnas para los datos, ellas son:

- **TRAYECTO SOBRE:** Corresponde al lugar donde habrá de anotarse el nombre de la calle por la que transita el vehículo motivo de las observaciones.
- **ESQUINA CON:** Este encabezado alude al crucero donde se ubica la parada en la cual se efectuaron los movimientos de ascenso y/o de descenso consignados después.
Cuando no existan paradas oficiales la observación se hará por tramos (dividiendo el recorrido en segmentos). En esos casos el crucero aludido será aquel 1 que represente el trampo.
- **BAJAN:** En esta columna se anotará la cantidad de usuarios que bajaron en el lugar señalado en la columna "ESQUINA CON:" del mismo renglón.
- **SUBEN:** En esta subdivisión se anotará el número de personas que abordan la unidad en el lugar citado en el mismo renglón.
- **NO SUBEN:** Aquí se anotará el número de personas que no lograron abordar el vehículo, por falta de capacidad disponible.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- **A bordo:** Aquí se anota el número de personas que van a bordo del vehículo, en cada lugar determinado. La cifra se puede estimar por observación directa o por medio de un cálculo simple. En este caso puede ser calculado en el gabinete.

Pie

Como en los otros formatos, el pie identifica:

- **AI INVESTIGADOR,** con su nombre y su firma.
- **AI COORDINADOR,** con su nombre y su firma.

5.5.2. ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO

A diferencia de la anterior (5.5.1), en esta investigación se pretende cuantificar el movimiento de abordaje a los vehículos de transporte, observando el fenómeno desde determinados puntos situados a lo largo del trayecto.

El formato que se emplea —el **FRM-R4**— se compone de las cuatro partes que se describen a continuación:

Encabezado

Como siempre el encabezado del Formato sirve para identificación del proyecto, así como del estudio parcial: "ESTUDIO DE ASCENSO Y DESCENSO". Estos dos nombres ocupan los dos primeros renglones de la cédula. La clave del Formato y los espacios para numerar las hojas, se ubican también en este lugar.

Identificadores

La zona dedicada a los identificadores está dividida en dos partes: una para registrar los datos del servicio y otra para los datos del lugar o punto de observación. Veamos qué debe inscribirse en ellas.

363

DATOS DEL SERVICIO

- RUTA: Aquí se registra el nombre y número de la ruta que se investiga.
- RAMAL: En este espacio se escribe el nombre del ramal correspondiente.
- FECHA y DIA: Se anota la fecha y el día de la semana de la observación:

DATOS DEL LUGAR

- UBICACION: En este espacio se deberá anotar el nombre del lugar donde se han de llevar a efecto las observaciones.
- CARACTER: Este señalamiento hace alusión al tipo de punto seleccionado para las observaciones (T, C o I), según se detalla en el cuadro de claves respectivo.
- CLAVE GEOGRAFICA: La clave geográfica es un código que relaciona al punto de observación con el entorno geográfico del área urbana. Salvo en ciertos casos de excepción no es usual que el personal de campo lo deba consignar; ello más bien corresponde al grupo del procesamiento informativo (en gabinete).
- HORA INICIAL y HORA FINAL: Aquí deberán anotarse la hora en que se iniciaron y concluyeron las observaciones comprendidas en la cédula. Los datos coincidirán con lo asentado en el primero y último renglones del cuerpo del formato.

Cuerpo

El cuerpo del Formato tiene 7 columnas de datos, ellas son:

- HORA: Corresponde con el momento (aproximado el minuto) en que fue observado el vehículo.
- CLAVE DEL RAMAL: Este encabezado alude al ramal al que pertenezca la unidad observada, sea ésta o no de la Ruta investigada. Habida cuenta de que por el punto de observación pueden circular unidades de otras Rutas, es natural que quiera investigarse el comportamiento de todas ellas. Para un manejo sencillo de la cédula, los ramales detectados se consignarán en los espacios que tiene para ese fin el cuadro de claves, aprovechándose la clave (letra) que le toque al hacer las anotaciones.
- TIPO: En esta columna se consigna el tipo de vehículo observado, según su clave respectiva: C, A, M u D.

369

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- **A BORDO:** Aquí se anota el número de personas que van abordo del vehículo, en cada lugar determinado. La cifra se puede estimar por observación directa o mediante un cálculo simple, siempre y cuando éste se hubiera llevado desde el principio. En todo caso puede ser calculado más tarde en el gabinete. Si fuera el caso de corresponder a una estimación de los eñalado, la anotación se hará con las claves del cuadro respectivo.
- **BAJAN:** En esta columna se anotará la cantidad de usuarios que bajaron en el lugar.
- **SUBEN:** En esta subdivisión se anotará el número de personas que abordan la unidad en el lugar citado en el mismo renglón.
- **NO SUBEN:** Aquí se anotará el número de personas que no lograron abordar el vehículo, por falta de capacidad disponible.

Claves

Las claves citadas obedecen a la finalidad expresada en los párrafos anteriores. El cuadro en cuestión contiene tres grupos de ellas: las de la ocupación del vehículo —para eventualmente anotarla en la columna A BORDO—, las de la identificación del Ramal —que corresponderá con las anotaciones de la columna CLAVE DEL RAMAL precisamente—, y las del tipo o carácter del lugar, para inscribir el dato en el cuadro respectivo de los identificadores.

Clave de ocupación del vehículo:

En esta clave hay seis posibilidades, mismas que se asientan a continuación.

0	=	VACIO
1	=	¼ LLENO
2	=	½ LLENO
3	=	¾ LLENO
4	=	LLENO (totalmente)
5	=	SOBRECARGADO

370

438

Clave de identificación del Ramal:

En este cuadro solamente se prevén los espacios para anotar el dato de cada uno de los Ramales observados y a los cuales les quedarán especificadas las tres claves "relativas" (A, B y C). Así, cuando se detecte (anticipadamente a las observaciones) un ramal "X", se le anotará en un renglón del cuadro de claves, y de ahí en adelante se le podrá aludir con la letra que le haya tocado.

Clave del punto de observación:

Estas claves obedecen a los tres tipos de lugares en los que suelen hacerse observaciones.

T	=	TERMINAL
C	=	CIERRE DE CIRCUITO
I	=	PUNTO INTERMEDIO

Pie

Como en los otros formatos, el pie identifica a los participantes:

- AI INVESTIGADOR, con su nombre y su firma.
- AI COORDINADOR, con su nombre y su firma.

5.6 Estudios de velocidad y demoras

Este estudio corresponde con una investigación cuya finalidad estriba en obtener la velocidad (comercial) a la que transitan las unidades de transporte y, asimismo, las causas que propician demoras durante la prestación del servicio.

El estudio en cuestión debe hacerse a bordo de alguna de las unidades en ruta y el Formato que se utiliza —el **FRM-R5**— es el que se describe en seguida.

Encabezado

De la forma habitual, el encabezado ocupa los dos primeros renglones de la cédula y contiene el título del proyecto y el nombre del subtema o estudio parcial: «ESTUDIO DE VELOCIDAD Y DEMORAS», en este caso. También, como en las descripciones precedentes, en el mismo espacio se ubican la clave del Formato y el esquema de numeración.

Identificadores

Los identificadores establecen con claridad las características del servicio y las condiciones de aplicación del trabajo, es decir, se deberá anotar:

- RUTA: El nombre oficial del servicio, preferentemente según la especificación de su razón social o gremial.
- RAMAL: Correspondiendo asimismo con la denominación del origen y el destino del servicio.
- TERMINAL DE INICIO: Aquí se deberá asentar el nombre del lugar donde se esté iniciando el trayecto bajo investigación, sin importar el carácter de la terminal (si es la terminal principal o el cierre de circuito).
- TERMINAL DE CIERRE: Se indicará el punto donde concluya el trayecto que se investiga.
- HORA DE INICIO: Aquí se anotará la hora que era cuando se inició el trayecto con aproximación al minuto.
- HORA DE TERMINO: Complementariamente, en este espacio se asentará la hora a la que concluyó el recorrido.

Cuerpo

El cuerpo de la cédula está dividido en cuatro columnas, una de las cuales está a su vez subdividida en cinco columnas más. Según sus objetivos, los encabezados de las columnas son:

372

- **RECORRIDO SOBRE:** Aquí se anotará el nombre de la calle sobre la que se esté transitando en el momento de efectuar la observación.
- **ESQUINA EN:** Aunque por lo general todas las observaciones se hacen en las esquinas, cuando ello no ocurra así, se escribirá en este espacio el nombre de la calle más próxima con la cual hace esquina la arteria por la que se transita.
- **DEMORAS:** Las demoras pueden obedecer a varias causas y siempre se miden en segundos. Las diferentes causas quedan establecidas en las subdivisiones de la columna de las demoras, o sean: C, S, P, G y T. Su significado se asienta en el renglón de la simbología, al fondo de la cédula.
- **OBSERVACIONES:** Esta es una columna muy importante. Dado el carácter de la investigación suele ocurrir que hagan falta aclaraciones sobre lo asentado. Debe ser justo en este espacio donde se asienten las aclaraciones. Un ejemplo de ellas pudiera ser, para una anotación de tiempo de demora originado por la causa C = congestionamientos de tránsito:

« ... acumulación de autos por Escuela. »

El cuerpo de la cédula cuenta además con varios renglones distribuidos como sigue: los dos primeros se utilizan para los encabezados de las columnas y sus subdivisiones. Los siguientes son renglones útiles, en ellos se anotarán los datos (nombres de calles o tiempos de demora) observados. Un renglón contiene expresiones y espacios para alojar el resultado de varios cálculos al tenor de la investigación. No se utiliza durante las observaciones; permiten en su momento indicar la velocidad real V_R y la velocidad comercial V_C , calculadas con base en la longitud del trayecto y los tiempos medidos. El último renglón antes del Pie contiene la simbología de las demoras.

C = Congestionamientos de tránsito
S = Semáforo (tiempo detenido por esa causa)
P = Parada (del propio transporte público al admitir o dejar pasaje)
G = Giros (vueltas derecha o izquierda) vehiculares
T = Terminal (tiempo de espera del servicio en su propia terminal)

Nota: Es conveniente aclarar que las demoras en determinados puntos pueden ser acumulativas. Es decir, en un mismo lugar pueden haber demoras atribuibles a diferentes causas que deben acumularse.

Pie

Como es usual, en este espacio se anotan la fecha y el día de la semana de la investigación, así como los nombres de quienes estaban a su cargo.

5.7 Inventario del parque vehicular

El parque vehicular —las unidades de transporte o, el equipo móvil, como también se le conoce— asignado a un servicio de transporte constituye la base en la que descansa la operación. Casi resulta innecesario hacer resaltar su importancia; si no hay equipo rodante o éste se encuentra en malas condiciones físicas, el proceso mismo de transportar queda vulnerado. De aquí se desprende pues la insoslayable necesidad de conocer tal estado de cosas: cuántos vehículos hay y en qué estado están.

La información alusiva al parque vehicular se investiga haciendo uso del Formato **FRM-R8** que se describe en seguida.

Encabezado

El encabezado sigue la pauta usual; especifica la denominación del proyecto y la tarea parcial, en este caso: "INVENTARIO DEL PARQUE VEHICULAR". Alberga asimismo la clave del formato y el esquema de numeración progresiva de las cédulas.

Identificadores

La sección de identificadores contiene cuatro conceptos:

- **PUNTO DE OBSERVACION:** Donde se anotará la denominación del lugar escogido para efectuar la investigación. A pesar de estipularse como «punto» en ocasiones la información se recaba a partir del listado o relación oficial proporcionadas por las autoridades o por los propios transportistas, a partir de los registros o los censos de vehículos.

- **FECHA:** Este concepto es se justifica por la necesidad de establecer la datación del levantamiento.
- **DIA:** Aquí deberá asentarse a qué día de la semana correspondió el llenado de la cédula. Quizá fuera una información irrelevante, pero se le consigna con fines de control.
- **HORA. DE: A:** De manera similar, la justificación de este dato cae en el ámbito de las medidas de control.

Cuerpo

El cuerpo del formato consta de tres bloques de cuatro columnas cada uno y 17 renglones aproximadamente. Los encabezados de las columnas permiten dar cabida a los siguientes datos:

- **MARCA:** Lugar donde quedará asentada la marca del bastidor motorizado de la unidad. La razón de este concepto estriba en el hecho de que por lo general los vehículos son fabricados en dos etapas: el bastidor con motor y la carrocería.
- **MODELO:** Cabrá aquí indicar el año de fabricación del bastidor. Aunque ésta puede ser una referencia equívoca (el carrozado y la venta pueden haber ocurrido en otra fecha) se acepta así por convención.
- **TIPO:** El tipo de vehículo corresponde con alguna de las categorías indicadas en el cuadro de claves colocado en el último renglón del cuerpo. Las posibles variantes deberán consultarse ahí.
- **CAPACIDAD:** La capacidad nominal de la unidad está regida por las propias categorías. Se le especificará de acuerdo con el cuadro de claves.

Esta columna está dividida en dos para poder anotar al mismo tiempo la clave del tipo y el valor más aproximado de la capacidad.

En cuanto a los renglones, en el primero de ellos se alojan las cabezas de las columnas, los siguientes se usan para anotar la información, y en el último se incluyen los dos conjuntos de claves, a saber:

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

TIPOS	CAPACIDAD
S = Sedán	S = 5 pasajeros
C = Combi	C = de 9 a 12 pasajeros
M = Microbús	M = de 25 a 40 pasajeros
A = Autobús urbano	A = de 80 a 100 pasajeros
U = Autobús suburbano	U = de 70 a 90 pasajeros
O = Otros	O = variable

Pie

En el pie se consignarán los nombres y firmas del *Investigador* y del *Supervisor*.

5.8 Encuesta de usuarios

El levantamiento de encuestas entre los usuarios del transporte es un poderoso auxiliar para la planeación y el diseño operativo. Aunque están altamente recomendadas en el primero de los casos (planeación del transporte) en el segundo de ellos (diseño operativo) sirven para poner de manifiesto un conjunto de datos de gran importancia.

Las cédulas de apoyo para los encuestamientos pueden tener diseños muy diversos, algunos muy complejos, dependiendo del caso. Para el caso que nos ocupa (los encuestamientos para diseños operativos) suele ser conveniente utilizar un modelo de cédula muy simplificado, tal y como el que se describe en seguida.

Encabezado

El encabezado alberga las denominaciones del proyecto y del estudio parcial, o sea: "ENCUESTA DE USUARIOS". En este mismo espacio se localizan la clave del Formato — **FRM-R6** — y el esquema para los números progresivos de las cédulas utilizadas.

SUPERVISION DE RUTAS DE TRANSPORTE

FF 36

ENCUESTA DE USUARIOS

HOJA /

DE DONDE VIENE? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">ORIGEN DEL VIAJE</small>	DE DONDE VIENE? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">ORIGEN DEL VIAJE</small>
A DONDE VA? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">DESTINO DEL VIAJE</small>	A DONDE VA? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">DESTINO DEL VIAJE</small>
MOTIVO DEL VIAJE? _____ <input type="checkbox"/>	MOTIVO DEL VIAJE? _____ <input type="checkbox"/>
OCUPACION O EMPLEO? _____ <input type="checkbox"/>	OCUPACION O EMPLEO? _____ <input type="checkbox"/>
PREFIERE AUTOBUS? <input type="checkbox"/> MICRO? <input type="checkbox"/> ES IGUAL? <input type="checkbox"/>	PREFIERE AUTOBUS? <input type="checkbox"/> MICRO? <input type="checkbox"/> ES IGUAL? <input type="checkbox"/>
CUANTO GASTA EN TRANSPORTE? \$10 <input type="checkbox"/> \$15 <input type="checkbox"/> \$20 <input type="checkbox"/>	CUANTO GASTA EN TRANSPORTE? \$10 <input type="checkbox"/> \$15 <input type="checkbox"/> \$20 <input type="checkbox"/>
NIVEL DE INGRESOS? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">VECES EL SALARIO MINIMO</small>	NIVEL DE INGRESOS? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">VECES EL SALARIO MINIMO</small>

DE DONDE VIENE? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">ORIGEN DEL VIAJE</small>	DE DONDE VIENE? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">ORIGEN DEL VIAJE</small>
A DONDE VA? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">DESTINO DEL VIAJE</small>	A DONDE VA? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">DESTINO DEL VIAJE</small>
MOTIVO DEL VIAJE? _____ <input type="checkbox"/>	MOTIVO DEL VIAJE? _____ <input type="checkbox"/>
OCUPACION O EMPLEO? _____ <input type="checkbox"/>	OCUPACION O EMPLEO? _____ <input type="checkbox"/>
PREFIERE AUTOBUS? <input type="checkbox"/> MICRO? <input type="checkbox"/> ES IGUAL? <input type="checkbox"/>	PREFIERE AUTOBUS? <input type="checkbox"/> MICRO? <input type="checkbox"/> ES IGUAL? <input type="checkbox"/>
CUANTO GASTA EN TRANSPORTE? \$10 <input type="checkbox"/> \$15 <input type="checkbox"/> \$20 <input type="checkbox"/>	CUANTO GASTA EN TRANSPORTE? \$10 <input type="checkbox"/> \$15 <input type="checkbox"/> \$20 <input type="checkbox"/>
NIVEL DE INGRESOS? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">VECES EL SALARIO MINIMO</small>	NIVEL DE INGRESOS? _____ <input type="checkbox"/> <small style="text-align: center;">VECES EL SALARIO MINIMO</small>

MOTIVOS DEL VIAJE: TRABAJO : 1 ESTUDIO : 2 COMPRAS : 3 HOGAR : 4	OCUPACION O EMPLEO. OBRERO : 1 EMPLEADO : 2 ESTUDIANTE : 3 AMA DE CASA : 4	NIVEL DE INGRESOS. SALARIO MINIMO O MENOS : 1 DE UNO A TRES SAL. MIN : 2 DE TRES A CINCO SALMIN : 3 MAS DE CINCO SAL MIN : 4
---	---	---

PUNTO DE OBSERVACION:	VEHICULO:	FECHA:	INVESTIGADOR:
-----------------------	-----------	--------	---------------

Identificadores

Debido al carácter del documento, no existen identificadores propiamente dichos. El Formato de la cédula está dividido en cuatro recuadros iguales, cada uno de ellos susceptibles de contener las preguntas dirigidas a los encuestados.

Cuerpo

El cuerpo de la cédula está integrado por los cuatro recuadros aludidos y un espacio contenedor de las claves requeridas para anotar las respuestas de los interrogatorios. El contenido de los recuadros es como sigue.

Tienen 7 preguntas, todas dirigidas a alguna persona encuestada tomada como individuo (no hay interrogatorios colectivos). Las preguntas se refieren a:

- ¿DE DONDE VIENE? Aquí se deberá anotar, con base en la respuesta recibida, el punto de origen del viaje. El dato requerido deberá tener una precisión especificada desde el diseño mismo de la encuesta, ya que depende de la amplitud del ámbito de la investigación.

En general se pide se indique una calle, un barrio o algún punto notable y al mismo tiempo reconocible de la ciudad o de la región que se estudia. Un ejemplo alusivo podría ser:

« ... sobre la calle Hidalgo, frente al Parque de la Bandera».

A continuación del espacio donde se anotaría la respuesta aparece un cuadro, el cual servirá en su momento para anotar un número de código que identificará el lugar del origen del viaje. Dicho código se establecerá y se aplicará por un grupo separado; en el contexto de los trabajos de campo carece de interés.

- ¿A DONDE VA? El criterio de manejo de esta pregunta es el mismo explicado antes. Lo que varía únicamente es el hecho de que ahora se cuestiona sobre el punto final o de destino del viaje.

LA OPERACIÓN DE LOS TRANSPORTES

- ¿COMO LLEGO? Esta pregunta se refiere al caso en que el usuario interrogado haya arribado al lugar donde se realiza el encuestamiento haciendo uso de algún otro transporte. La respuesta deberá indicar qué transporte se empleó y el dato se podrá asentar haciendo uso del código que le corresponda según el bloque de claves que se describe después.
- ¿TRANSPORTE SIGUIENTE? Complementariamente a la pregunta anterior, el interrogatorio se orienta ahora a la identificación del medio de transporte que fuera a ser usado para continuar el viaje (desde el punto del interrogatorio). También en este caso habrán de utilizarse los códigos alusivos.
- ¿MOTIVO DEL VIAJE? Se pide se indique la razón o el motivo del viaje. Es decir, por qué se viaja. Las razones que causaron el viaje pueden ser muchas, pero se han seleccionado cuatro que son las más importantes. Sus denominaciones se incluyen en el cuadro de claves.
- ¿OCUPACION o EMPLEO? Es una pregunta y cuya respuesta es fácil de establecer. Se han previsto cuatro casos dentro de los cuales deberá seleccionarse la respuesta. Los casos posibles se detallan en el cuadro de claves.
- ¿NIVEL DE INGRESOS? Se pregunta cuánto gana al día o al mes la persona interrogada. La respuesta deberá anotarse tal y como la manifestó el usuario; posteriormente otra persona la traducirá en múltiplos (veces) del salario mínimo.

En un espacio (renglón) localizado antes del Pie se localizan 4 grupos de claves para los diferentes tipos de respuesta. Ellas son:

TRANSPORTE UTILIZADO		MOTIVO DEL VIAJE		OCUPACION o EMPLEO	
A PIE	= 1	TRABAJO	= 1	OBRERO	= 1
EN AUTOMOVIL	= 2	ESTUDIO	= 2	EMPLEADO	= 2
EN AUTOBUS	= 3	COMPRAS	= 3	ESTUDIANTE	= 3
EN METRO	= 4	HOGAR	= 4	AMA DE CASA	= 4

NIVEL DE INGRESOS

UN SALARIO MINIMO o MENOS	= 1
DE UNO A TRES SAL. MINIMO	= 2
DE TRES A CINCO SAL. MINIMO	= 3
MAÑ DE CINCO SAL. MINIMOS	= 4

378

4/49

Pie

El pie de la cédula prevé espacios para indicar lo siguiente:

- PUNTO DE OBSERVACION: Aludiendo al lugar donde se hayan realizado las encuestas.
- VEHICULO: En la eventualidad de que la encuesta se haya realizado a bordo de alguna unidad de transporte. Deberá citarse aquí algún identificador apropiado del vehículo (placas, número económico u otro).
- FECHA: La fecha del encuestamiento.

Finalmente, y a propósito de quienes realizaron el trabajo, se indicará:

- ENCUESTADOR: Según su nombre y su firma.

6. Entrega

Por entrega deberá entenderse todo el proceso de recopilación y concentración de los datos levantados.

Una vez más, la jerarquización la marca el sistema. Los investigadores entregan las hojas, numeradas y firmadas, al coordinador del grupo de investigación; éste revisa cada una de las hojas de datos y la firma (avala de esta manera su trabajo y el del grupo que dirige), entregando al supervisor los datos recopilados por todo su equipo.

Los supervisores, de acuerdo con el supervisor general, entregan los datos al grupo encargado del procesamiento y análisis de los datos, terminando así la entrega.

La entrega deberá hacerse por paquetes completos. O sea, todo el inventario de cada compañía; todos los trayectos desde cada punto de terminal; toda la información sobre la frecuencia y el índice de ocupación de cada punto de observación; o todas las muestras de ascenso-descenso de cada recorrido, siempre dentro de los tiempos acordados con la supervisión.

7. Control y supervisión del personal

De acuerdo con la estructura general, la organización del personal permite establecer un sistema de control y supervisión de las actividades, garantizándose así el flujo correcto de la información. Las responsabilidades que cada uno de los participantes tiene en el estudio, están definidas en los respectivos perfiles de actividades.

Una breve recapitulación de los conceptos más relevantes tratados en este manual, ayudará a afirmar la convicción de que el correcto control y la supervisión del personal garantizará el éxito del estudio.

- **Objetivo.** Establecer una metodología para la captura de datos, que a la vez sirva como documento de consulta.
- **Capacitación.** La adecuada capacitación del personal, en todos los niveles de decisión, evita la presencia de errores conceptuales que afectarían el resultado.
- **Programación.** La programación correcta y ordenada de las tareas de la investigación, así como su cabal cumplimiento, evitará que se presenten alteraciones que muevan a confusión o duda.
- **Responsabilidad.** Una adecuada atención sobre cada uno de los deberes establecidos en el perfil de actividades de los participantes, es una garantía de éxito.
- **Recepción.** La recepción de las instrucciones y los documentos, necesarios para la captura de los datos, debe hacerse en la hora y lugar establecidos por el coordinador.
- **Control.** El manejo y control de todo el proceso de investigación es responsabilidad directa de los coordinadores y los supervisores.
- **Entrega.** La revisión y aprobación de los datos recabados es parte importante del trabajo.
- **Consulta.** La consulta continua entre los encargados y los jefes inmediatos superiores, es el mejor método para resolver las dudas que aparezcan en la secuencia de investigación.

Recomendaciones para mejorar la eficiencia del personal

Las siguientes recomendaciones contienen varias ideas con respecto al personal, sobre algunos aspectos a considerar con la finalidad de aumentar su eficiencia. Se expresan en la forma de frases-sugerencias que pueden transmitirse al personal tal y como están asentadas.

Recomendaciones para el coordinador

- Revise con toda oportunidad su calendario de trabajo para prever de manera adecuada las tareas del día siguiente.
- Cite al personal claramente en el lugar y hora que corresponda con el programa de la investigación.
- Fije perfectamente las ubicaciones del personal a su cargo y déselas a conocer sin asomo de duda.
- Entregue a cada investigador el material que requiera para el trabajo del día, y anótelos en la bitácora de cada uno.
- Vigile durante la jornada que cada investigador esté cumpliendo adecuadamente su cometido.
- Reciba de cada investigador por separado los formatos llenados durante la jornada y dé constancia de ello en las bitácoras.
- Proceda a revisar el contenido de cada formato con el fin de verificar su claridad, completitud y adecuación.
- Integre paquetes de información ya revisada, conforme a cada tipo de trabajo, para entregarla a la supervisión.

Recomendaciones para el Investigador de Campo

- Estudie los formatos para la anotación de los datos, de manera que consiga conocerlos perfectamente.
- Haga sus anotaciones con claridad y siga el orden sugerido en la descripción de los formatos.

- No se distraiga innecesariamente mientras desempeña su trabajo.
- Haga una última revisión de cada formato llenado, antes de hacerlo llegar a su coordinador. Entréguelos sin pérdida de tiempo, no los abandone negligentemente ni los exponga al deterioro.
- Siga fielmente las indicaciones de su coordinador en cuanto a la ubicación que debe mantener durante la investigación.
- Acuda puntualmente al lugar de trabajo y repórtese inmediatamente a su coordinador para recibir el material que va a necesitar y las indicaciones del día.

Comentario adicional

Del investigador depende en gran parte el éxito de todo el trabajo de obtención de datos de campo, ya que de una forma directa es el responsable de recabar datos válidos y confiables. Por ello, deben darse al investigador todos los elementos necesarios para que desempeñe con eficiencia sus funciones.

Los materiales que debe portar un investigador habrán de incluir:

- Credencial o gafete de indentificación.
- Copia de la carta oficial que autoriza su trabajo. En su caso, un oficio de presentación.
- El número adecuado de formatos relativos al trabajo que se deba desempeñar cada día.
- Una agenda o libreta de bitácora donde haga sus anotaciones particulares y en la cual dé constancia de recibo y entrega de los formatos.
- Lápices (duros o semiduros) en número conveniente.
- Sacapuntas y gomas de borrar.

8. Procesamiento y análisis de la información

Como conclusión al manual de procedimientos para la toma de información de campo, es conveniente comentar que el estudio no termina con la obtención de los datos.

El procesamiento y el análisis, así como las conclusiones y propuestas para la mejoría del servicio de transporte, son etapas posteriores a la investigación.

Sin embargo, estas etapas finales sólo podrán tener algún resultado satisfactorio, si la obtención de los datos se hace correctamente, y ello es de la responsabilidad de los investigadores, coordinadores y supervisores de campo.

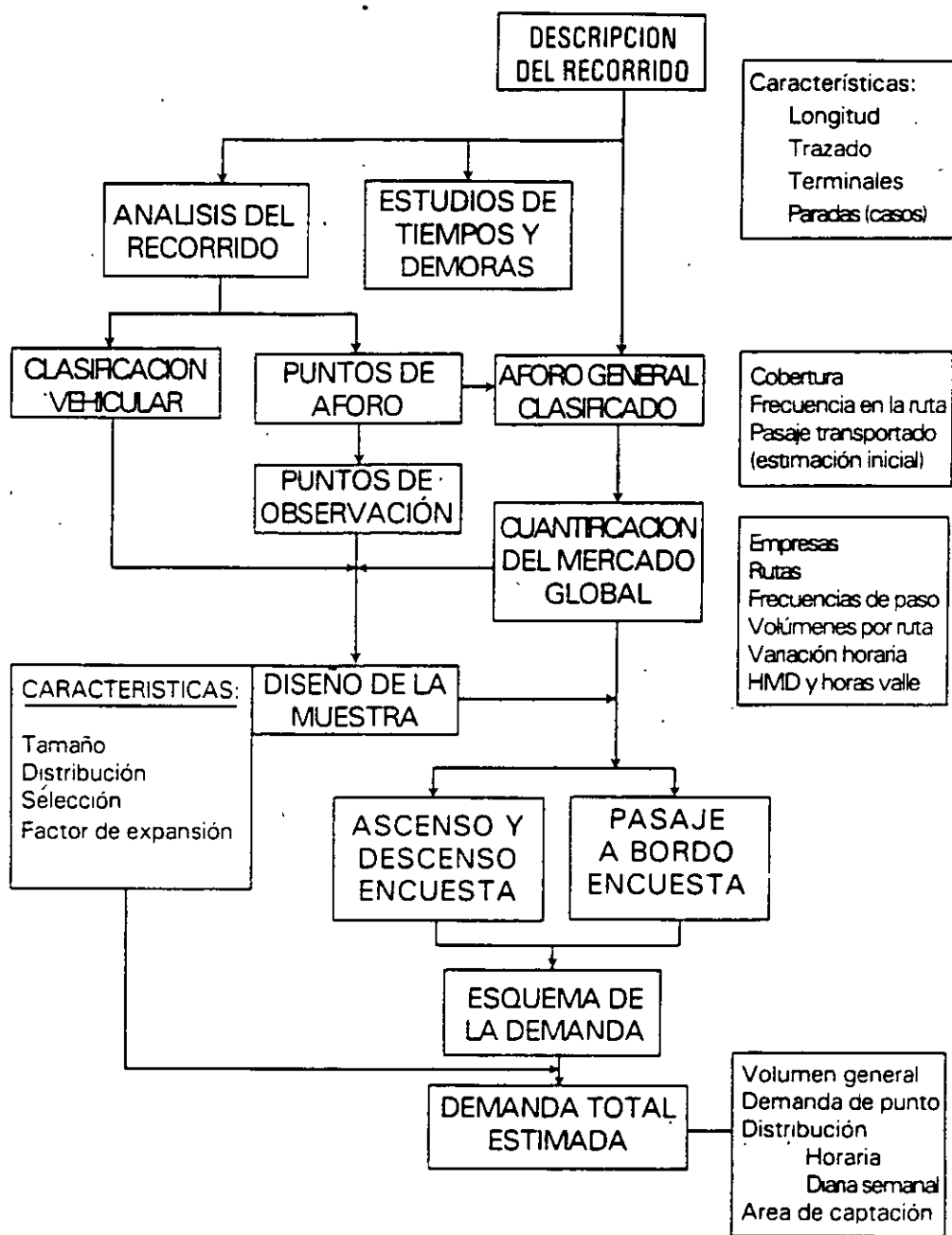


Figura Ap 2. Diagrama del procesamiento de la información

45

GLOSARIO BASICO

AFORO

Conteo o medición del número o cantidad de elementos (personas, autos, autobuses, etc) que pasan por el lugar de la observación.

ASCENSO-DESCENSO

Tipo especial de obtención de datos, consistente en observar cuántas personas suben, cuántas bajan y cuántas permanecen a bordo del vehículo del cual se toma la información.

FRECUENCIA

Número de ocurrencia de un evento. Se refiere generalmente al número de vehículos o de personas que son percibidos en un lapso dado. Es el inverso del intervalo de paso. Por ejemplo, una Frecuencia de 8 vehículos/hora, equivale a 7.5 minutos de intervalo.

FORMATO

Documento diseñado especialmente para llenar una función de asiento de datos relativos a alguna de las investigaciones sobre el transporte.

HORARIO DE SERVICIO

Tiempo de reloj, en horas y minutos, que delimita la jornada de operación de un servicio de transporte

H.M.D.

Hora de Máxima Demanda. Intervalo de 60 minutos de duración, durante el cual se presentan los mayores flujos de vehículos o de usuarios del transporte.

HORAS VALLE

Lapso de 60 ó más minutos, establecido cuando se manifiestan las mínimas condiciones tránsito o de usuarios a los transportes.

INTERVALO DE PASO

Tiempo que transcurre entre la aparición de dos eventos consecutivos. Generalmente se refiere a los vehículos de transporte y se mide en segundos, aunque puede medirse en minutos y aun en horas.

INVENTARIO

Censo de las características de un servicio de transporte dado.

INVESTIGADOR DE CAMPO

Persona capacitada para recabar información sobre algunos de los conceptos del comportamiento social. Su trabajo se efectúa en sitios ajenos a las oficinas.

PUNTO DE OBSERVACION

Lugar en donde se efectúan las mediciones de algún servicio de transporte. Puede o no coincidir con otros puntos característicos del servicio (Base o Cierre de Circuito).

PROCESAMIENTO

Manejo que se da a la información numérica. Frecuentemente sugiere la intervención de equipos de cálculo electrónico.

RUTA

Es sinónimo de trayecto, pero en los servicios de "colectivos" es un conjunto de ramales o servicios, agrupados en alguna organización o administración. Se identifican con un número; por ejemplo, Ruta 18, al que se le supone un reconocimiento oficial.

RAMAL

Servicio de transporte con un origen y un destino fijo. Por ejemplo, "Tacuba-Azcapotzalco".

RECORRIDO

Ver trayecto.

SUPERVISOR

Persona encargada de vigilar y testimoniar la idoneidad de un trabajo. En lo particular supervisa las actividades de los investigadores de campo.

TAXI COLECTIVO

Vehículo de transporte de personas, de capacidad reducida, que opera sobre un recorrido fijo.

TRAYECTO

Descripción de las calles y las maniobras (giros) que deben realizar los vehículos de un servicio de transporte, durante el horario de operación.

TIEMPO DE TRAYECTO

Lapso que transcurre desde que el vehículo de transporte sale de su terminal o base, hasta que arriba nuevamente a ella.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO DE CAMPO

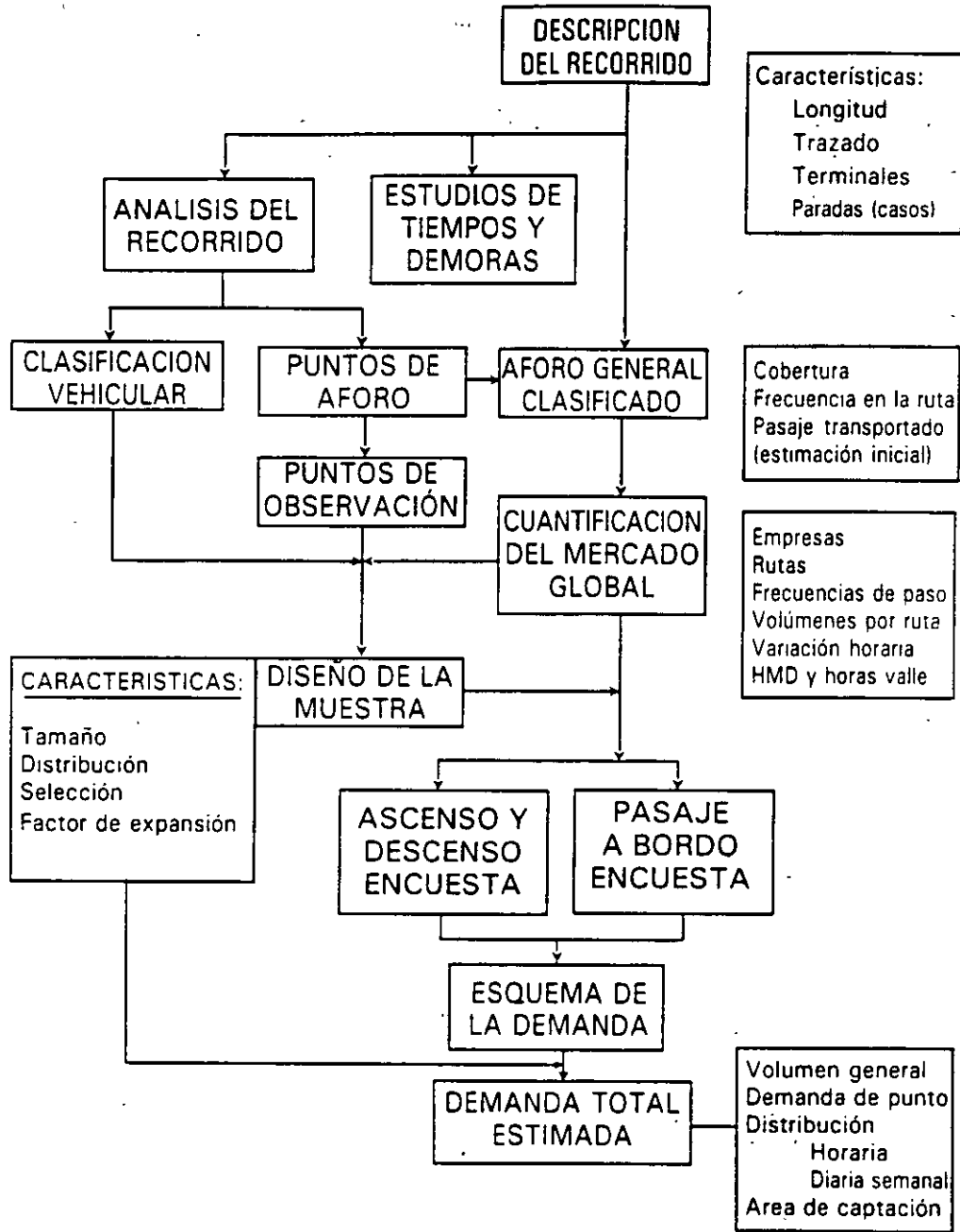


Figura Ap 2. Diagrama del procesamiento de la información

46/



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

DIPLOMADO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE

MODULO III: INGENIERIA DEL TRANSPORTE

LA ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO

EXPOSITOR: ING. PEDRO ARAU GRANDA

1997

LA ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO.

ING.PEDRO ARAU GRANDA
1996

ESTRUCTURA DEL MANTENIMIENTO.-

INDICE.-

- 1.-Compra de unidades nuevas.-**
- 2.-Mantenimiento.-**
- 3.-Introduccion.-**
- 4.-Que es mantenimiento.-**
- 5.-Funciones y objetivos de un departamento de Mantenimiento**
- 6.-Tipos de mantenimiento.-**
- 7.-Verificaciones diarias.-**
- 8.-Verificaciones periodicas.-**
- 9.-Fallas de llantas.-**
- 10.-Tareas vs costos.-**
- 11.-Formatos de control.-**
- 12.-Orden de trabajo.-**
- 13.-Organigrama del Departamento de mantenimiento.-**
- 14.-Descripcion de puestos.-**
- 15.-Administracion de mantenimiento.-**
- 16.-Distribucion del taller.-**
- 17.-Descripcion de areas del taller.-**
- 18.-Equipos recomendados para un taller.-**
- 19.-Cantidad de equipos de taller vs cantidad de unidades.-**
- 20.-Mecanicos por numero de unidades.-**
- 21.-Manuales de operacion.-**
- 22.-Manuales de servicios.-**
- 23.-Boletines tecnicos.-**
- 24.-Garantias.-**
- 25.-Politiclas de la empresa.-**
- 26.-Reemplazo vs reparacion.-**
- 27.-Programas de mantenimiento.-**
- 28.-Medidas de seguridad.-**
- 29.-Operativas.-**
- 30.-En el taller.-**
- 31.-Con el personal.-**
- 32.-Del vehiculo.-**
- 33.-Seguros del personal y del vehiculo.-**
- 34.-Tiempos de reparacion.-**
- 35.-Pre-establecidos.-**
- 36.-Por practica.-**
- 37.-Sistemas de Informacion.-**

38.-Como se implanta un programa de mantenimiento.-

39.-Capacitacion.-

40.-Orden y limpieza.-

41.-Calidad del Operador.-

42.-Emergencias mecanicas.-

.-MANTENIMIENTO.-

1.-COMPRA DE UNIDADES NUEVAS.-

Cheque los siguientes puntos.-

a).-Compare especificaciones

Peso.-

Capacidad de ejes.-

Motor.-

Tren de potencia.-

Carrocería.-

Nº de pasajeros

Puertas normales.-

Puertas de emergencia.-

b).-Cheque resultados de la prueba de operación.-

c).-Verifique el servicio a clientes.-

d).-Verifique existencia de refacciones.-

e).-Verifique la Asistencia técnica.-

f).-Verifique tiempos de entrega.-

g).-Cheque la fabricación o armado de componentes en el país.-

h).-Cheque cuidadosamente La estandarización de componentes.-

Los puntos anteriores son algunos de los que se pueden y deben de verificar. Es decir son **ENUNCIATIVOS**, mas no **LIMITATIVOS**.-

2.-MANTENIMIENTO.-

3.-Introducción.-

Esto ,no será un tratado sobre el mantenimiento de vehículos.-

Ni siquiera pretende llegar a ser un Manual sobre el mismo tema.-

Hablando sobre el tema, podríamos llenar varios y muy voluminosos volúmenes.-

Tendremos tan solo una breve charla sobre el mantenimiento de vehículos de transporte , cuyo limite será el tiempo impuesto a este capítulo.-

Trataremos de ver en forma muy ligera algo sobre costos, aun que este tema será tratado con mucha mayor amplitud en el capítulo 7 de este Diplomado.-

No hablaremos ni tocaremos el punto sobre mantenimiento a los vehículos del Metro,,ya que este tema además de que ya fue tratado en el modulo anterior,por si solo es demasiado extenso.-

Los datos relativos a rendimientos y periodicidad,fueron obtenidos de la practica y de los manuales de los diferentes fabricantes en el mercado,de los equipos de transporte automotor.-

Empezaremos por lo primero,;

4.- ¿Que es el mantenimiento?

A este respecto,si preguntamos a los aquí reunidos una definicion,seguramente que vamos a obtener una o varias por cada uno de los asistentes.-

EJEMPLO.-Una secretaria nos diría que son las personas que limpian su area.-

Alguien nos diría que es la persona a la que llaman cuando se les olvida las llaves del escritorio.-

Daremos como una de las mejores la siguiente;

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO, es la fase de la Ingeniería que a segura la utilización y funcionalidad de los diferentes equipos en operación, de la maquinaria, instalaciones, edificios y servicios necesarios para cualquier actividad industrial, a fin de desarrollar sus funciones en una forma óptima y económicamente rentable.

5.- FUNCIONES Y OBJETIVOS DE UN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

El objetivo será lograr el periodo mas grande y lucrativo de los equipos de la empresa.-

Aprovechamiento al máximo de sus instalaciones.-

Conservación del valor de los equipos minimizando los desgastes y deterioros.-

Hacer que estos dos objetivos giren sobre la base de un periodo largo y tan económico como sea posible.-

Lograr la operación segura y rentable de todos los equipos de la Compañía.-

6.- TIPOS DE MANTENIMIENTO.-

Tenemos tres tipos de mantenimiento;

1.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO.- Es el mantenimiento que se efectúa desarrollando las tareas destinadas a evitar las fallas del equipo, se caracteriza por la anticipación y regularidad de sus trabajos.-

2.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO.- Este habrá que tratar de eliminarlo en lo posible, básicamente su función es corregir las fallas que se detecten en el equipo.- Desgraciadamente siempre tenemos una justificación para efectuarlo.-

3.- MANTENIMIENTO PREDICTIVO.- Este es el que se realiza de acuerdo a los tiempos de duración que otorga el fabricante de cada equipo. Deberá estructurarse en base a los manuales de servicio específicos de cada componente.-

7.-VERIFICACIONES DIARIAS.

MARCO LEGAL

Checar documentacion.
 Licencia del operador.
 Tarjeta de circulacion.
 Placas Poliza de seguro.
 Cargar combustible.

MARCO OPERATIVO

Checar niveles:
 Aceite del motor.
 Agua.
 Aceite direccion.
 Aceite de transmision.
 Purgar tanque de combustible.
 Purgar tanque de aire.
 Llantas:
 Estado general.
 Apareamiento.
 Presion de aire.
 Frenos.
 Nivel de liquido de frenos.
 Luces en general.
 Limpiadores.
 Tablero de instrumentos.

Juego del clutch.
 Juego del volante.
 Puertas.
 Timbre.
 Bateria.
 Vidrios.
 Espejos.
 Cortina del radiador.
 Mantener limpia su unidad.
 Kit de traje inicial.
 final.
 Carroceria.
 Claxon.
 Checar tension de bandas
 Equipo de emergencia.
 Equipo de seguridad.
 Extinguidor.
 Banderas.
 Señales.
 Arrancar motor en vacio.
 Cargar compresor.
 Presentarse a sus horas.

8.-VERIFICACIONES PERIODICAS.-

Hacer un reporte semanal.
 Precisar el estado de la unidad.
 Indicar fallas y recomendaciones.
 En caso de accidente reportar de inmediato
 al despachador y al seguro.

Frenos.
 Afinacion.
 Limpieza de inyectores.
 Cambiar aceite.
 Cambiar filtros.
 Lavado.
 Lubricacion.
 Llantas.
 Rotacion de llantas.
 Sistema hidraulico.
 Sistema neumatico.

Estado general de:
 Carroceria.
 Pintura.
 Pasamanos.
 Asientos.
 Vestiduras.

9.-FALLAS DE LLANTAS.-A este respecto debemos de tener un especial cuidado, ya que este es el costo mas alto en un vehiculo despues del combustible y lubricantes.-

Por golpes:

Banquetazos.

Por objetos.

Por cruce de vías.

Presion inadecuada.

Velocidad excesiva.

Rozamiento entre las llantas.

Rozamiento con partes del chasis.

Mal alineamiento.

Despitonado.

Chassis descuadrado.

Banda de rodamiento inadecuada.

Sacar aire con la llanta caliente.

Camaras estiradas.

Cuerpos entre camara y llanta.

Llevar un control de cambios.

Llevar un control de costos.

Renovar a tiempo las llantas.

NOTA.-El reglamento de tránsito prohíbe usar llantas recubiertas en el eje delantero.-

Un aumento de 30% sobre la carga reduce la vida de la llanta un 45%

Una reducción en la presión correcta de aire, reduce la vida hasta en un 57%

Efectue la rotación correcta de sus llantas.

Conozca y consulte la tabla de de cargas y presiones de las llantas.

10.-TAREAS VS. COSTOS .-

De acuerdo a las tareas que se tienen planeadas para el mantenimiento es conveniente llevar una tarjeta de costos por cada unidad lo anterior nos permitira obtener un promedio de costo por kilometro de recorrido, esto nos ayudara a sacar con cierto margen el costo de la tarifa por ruta, de acuerdo a los recorridos.

Inicialmente los costos aumentan al implementar un programa de mantenimiento preventivo, pero a la larga se recupera la inversion con creces.

En el caso de los autobuses es conveniente programar el mantenimiento en las noches, dejando para el dia los trabajos de mantenimiento mayor.

Lo anterior nos obliga a considerar el sueldo del trabajo nocturno de mecanicos, engrasadores, almacenista, llantero, y el costo de un almacen adecuadamente surtido.

11.-FORMATOS DE CONTROL.-

Elabore los formatos de control que sean necesarios, pero debiera de evitar que el llenado de estos se vuelva monotonó y burocrático, ya que esto perjudica a su área de mantenimiento.

Analice perfectamente bien cuáles son los datos que su área técnica y administrativa desean obtener, verifique si llevar estos datos no cuestan más que el provecho que usted va a obtener de ellos.

Piense en sus archivos, y decida cuánto tiempo los necesita conservar si es necesario, lleve un historial de cada vehículo, donde lleve las anotaciones de lo costoso dentro de la operación.

Lleve un perfecto control de los componentes que toma de una unidad para otra, sobre todo de motores, ya que en un momento dado le va a traer dolores de cabeza efectuar estos cambios sin control.

12.-ORDEN DE TRABAJO.-

Su taller de mantenimiento, debiera de contar con un formato de ORDEN DE TRABAJO lo más clara y explícita posible, y al mismo tiempo lo más sencilla para ser elaborada y comprendida por todo el personal del área de mantenimiento.

Se recomienda tener este documento en un formato con original y mínimo dos copias, la distribución de estas será:

- Original y una copia para el Departamento,
- El original lo conservará el Departamento de mantenimiento para ser archivado después de llenar totalmente en el expediente de cada unidad.
- La primera copia una vez llenada se enviará al departamento de costos.
- La segunda copia se le entregará al operador, para su constancia de que fue lo que reportó.

Algunos Jefes de Mantenimiento son reacios a esto último, la experiencia nos ha indicado, que es una práctica que redundará en beneficio del área de mantenimiento.-

13.-ORGANIGRAMA DEL DPTO.DE MANTENIMIENTO

Defina perfectamente bien la organización de su departamento de Mantenimiento, por consiguiente desarrolle su organigrama pensando en todo lo que pueda afectar a esta organización.

No permita que su Departamento de Mantenimiento dependa de una

area productiva, ya que esta sacrificaría los resultados de un buen Mantenimiento con tal de obtener mejores resultados en su productividad.

Tenga siempre en su Departamento de Mantenimiento a personas experimentadas, no necesariamente debe ser un profesional, pero si un profesional en su negocio.-

Analice perfectamente bien sus líneas de mando con el objeto de evitar dualidades y tener personal ubicado en áreas diferente a la que ellos dominan.

14.-DESCRIPCION DE PUESTOS.-

Elabore un cuadro con las características que deba reunir su personal en cada una de las categorías que tenga su personal.

Indique:

- Escolaridad mínima o experiencia para cada puesto.
- Sentido de responsabilidad.
- Sentido de orden y limpieza.
- Conocimiento de los materiales que utiliza.
- Conocimientos de seguridad.
- Conocimientos de políticas de la empresa.
- Conocimientos de trámites internos.

Cada categoría deberá de conocer los deberes y obligaciones de las categorías inferiores.

ELABORE LAS DESCRIPCIONES DE PUESTOS EN SU TOTALIDAD.

deberan de contener mínimo:

- Nombre del puesto.
- A quien reporta.
- Áreas de responsabilidad
- Obligaciones. (Lo más detallado posible=
- Línea de autoridad directa.
- Línea de autoridad indirecta.
- Grado de supervisión que requiere el puesto.
- Áreas que supervisa.
- Normas que debe de conocer.
- Relaciones.
- Necesidades físicas y ambientales que requiere el puesto.

MIENTRAS MAS ALTO ES EL PUESTO MAS CLARAS Y PRECISAS DEBERAN SER LAS DESCRIPCIONES DE PUESTO.

15.-ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO.-

Afortunadamente se cuenta con los medios modernos de control como son las computadoras, si se usan con habilidad es posible ejercer un control eficiente y una buena administracion de los programas de mantenimiento

Con una computadora se pueden controlar ademas las existencia y manejo de uno o varios almacenes.

Para lograr lo anterior solo es necesario establecer un sistema de partidas, clases de reparaciones, claves de reparaciones, en el mercado ya se pueden conseguir los programas para ADMINISTRAR EL MANTENIMIENTO en una forma practica eficiente efectiva y segura.

16.-DISTRIBUCION DEL TALLER.-

la distribucion del taller es un requerimiento necesario que permite aprovechar al maximo la infraestructura propia de las instalaciones de los mismos.

Mediante una buena distribucion del taller se logran los siguientes beneficios;

- Mejor aprovechamiento del espacio.
- Delimitacion del area en funcion del tipo y cantidad de reparaciones.
- Mejor aprovechamiento de las instalaciones y equipos.
- Reduccion en el manejo de materiales.
- Reduccion en los tiempos de maniobras.
- Mejoras en la viabilidad y fluidez de las unidades dentro del taller.
- Aumento del nivel de seguridad.
- Reduccion en los tiempos de reparacion.

Para realizar la distribucion la distribucion de un taller es necesario tomar en cuenta los factores que lo afectan, tales como;

- Procedimientos de reparacion.
- Funciones a realizar en cada area.
- Afinidad entre areas.
- Frecuencia en el manejo de materiales.
- Flujo de unidades.-Ambiente confortable.
- Control de trabajos.
- Geometria del taller

17.-DESCRIPCION DE LAS AREAS PARA UN TALLER.-

En el diseño de un taller deberan de considerarse las siguientes areas de mantenimiento;

- Estacion y despachol de combustible.
- Lavado de carrocerias.
- Diagnostico.
- Lubricacion y engrasado.
- Casa de maquinas.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo. Con las sigulentes areas:

Mecanica general

Transmisiones

Motor.

Frenos.

Diferencial.

Cardan.

Embrague.

Electricidad.-

Carroceria

Llanta.

Suspension.

Radladores.

Suspension.

Tapiceria.

Fibra de vidrio.

Vidrios.

Hojalateria.

Pintura

- Autobuses en espera.
- Autobuses disponibles.
- Accesos.
- Almacenes.
- Oficina de mantenimiento.
- Oficina de programacion
- vigilancia.
- Area administrativa.
- Dormitorios.
- Comedor.
- Servicios sanitarios.

Las instalaciones y la infraestructura del taller, en todos los casos debera de apegarse a las normas y reglamentos de construccion del Departamento del D:F:

18.-EQUIPO RECOMENDADO PARA UN TALLER.-De acuerdo al numero de unidades que maneja.-

La herramienta de uso general con la que se debera de contar es la minima necesaria para cada especialidad que se disponga en el taller. Cada mecanico tendra su caja asignada, y la herramienta de uso general estara en el almacen, de donde se proveera contra un vale.

19.-CANTIDAD DE EQUIPO VS. CANTIDAD DE UNIDADES.-

El almacen debera tener un minimo de existencias en base a lo siguiente:

Los primeros 2 años un 3% del valor de su flotilla.

Los segundos 2 años un 5% del valor de su flotilla.

De los 7 años en adelante un 7% del valor de su flotilla.

20.-MECANICOS POR NUMERO DE UNIDADES.-

Para mantenimiento preventivo y revisiones diarias:

Especialidad	Factor por vehiculo	Por 100 vehiculos.
Maestro mecanico	0.01	1
Ayudante de mecanico	0.01	1

Para mantenimiento correctivo:

Maestro mecanico	0.04	4
Ayudante de mecanico	0.04	4
Engrasador	0.01	1
Ayudante de engrasador	0.01	1
Electromecanico	0.03	3
Transmisionista	0.01	1
Ayudante de transmisionista	0.01	1
Carrocero	0.01	1
Hojalatero	0.02	2
Vidriero	0.01	1
Pintor	0.01	1
Llantero	0.02	2
Ayudante de llantero	0.02	2
Radiadorista	0.01	1
TOTAL	0.25	2

21.-MANUALES DE OPERACION.-

Exija que el fabricante le entregue tantos MANUALES DE OPERACION como unidades se adquirieron, en el costo de cada unidad, esta incluido el costo de dicho manual.

Tenga a la mano de los operadores copias de dichos manuales.

Nunca entregue un original pues seguro se pierde.

Utilícelos para capacitar a su personal en forma periódica.

Exija que se le proporcionen en español, normalmente el operador NO habla otro idioma.-

22.-MANUALES DE SERVICIO.-

Exija al fabricante le entregue un manual completo por cada unidad que se adquiriera.

Exija que se le proporcionen de los componentes tales como:

- a).-Motor.-
- b).-Transmision.-
- c).-Diferencial.-
- d).-Chassis.-
- e).-Carrocería.-
- f).-Dirección.-
- g).-Compresora de aire.-
- h).-Frenos.-

Cerciorese que estos manuales correspondan a los componentes de la unidad que usted adquirió.

De acuerdo al número de unidades exija que le den los manuales en español.

Cerciorese que todos sus autobuses tienen los mismos componentes.

Entregue copias de los Manuales de Servicio a los mecánicos y vea que se les cambien cuando estén deteriorados por el uso.

23.-BOLETINES TECNICOS.-

Las empresas fabricantes envían periódicamente Boletines de servicio y de cambios en los mismos, lleve un control de estos y hágase los llegar a su personal.

Algunos veces su personal ideará una forma de efectuar un trabajo, en forma más sencilla y más económica, boletínela de inmediato a su personal.

Oftrezca premios y reconocimientos al personal que desarrolle una forma de hacer un trabajo mas sencillo o algun desarrollo tecnologico que abata los costos.

Clasifique los boletines de acuerdo a las partes de la unidad, pongales una clave y un numero progresivo en cada clave.

Por ejemplo podrian ser;

- A).-Motor.-
- B).-Transmision.-
- C).-Diferencial.-
- D).-Direccion.-
- E).-Frenos.-
- F).-Suspension.-

- G).-Sistema de enfriamiento.-
- H).-Sistema electrico.-
- I).-Carroceria.-
- J).-Compresora de aire.-
- K).-Llantas.-
- L).-Varios.-

24.-GARANTIAS.-

Instruya al personal que siempre que sea posible exija el cumplimiento de las garantias del equipo.

Muchas veces esta no se cumple por descuido y cuando se desea hacer valer, esta ya se encuentra vencida.

Elabore un calendario con las fechas de vencimiento de las garantias, y actualizelo constantemente.

Cada uno de los componentes de una unidad tiene una garantia exijale al proveedor le haga valida todas ellas, y le de una copia de las mismas.

25.-POLITICAS DE LA EMPRESA.-

Establezca las politicas necesarias en cada area de la empresa.

Elabore un manual de politicas y exija que este se cumpla.-

Por ejemplo podrian ser los manuales de politicas o procedimientos de;

- Sueldos.-
- Comprobacion de gastos.-
- Manejo de refacciones.-
- Control de gastos.-
- Compras de caja chica.-
- Etc. etc.

Numere los manuales de acuerdo al Departamento que los emite y vea que se le entreguen copias a todo el personal que deba tenerlas.-

Haga una revision anual de este manual y mantengalo actualizado.-

El personal directivo debera de tener copia de todas las politicas de la empresa.-

Elabore un "PROCEDIMIENTO PARA ESCRIBIR PROCEDIMIENTOS" con el objeto de que todos sean similares y sigan el mismo formato y orden.-

Vea que los procedimientos o politicas sean aprobados por los afectados.-

26.-REEMPLAZO VS REPARACION.-

27.-PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.-

Un programa de mantenimiento planeado adecuadamente puede identificar apropiadamente QUIEN, QUE CUANDO, DONDE Y COMO deben ejecutarse los trabajos correspondientes a un programa de mantenimiento.

La informacion necesaria es sencilla,pero debera de proporcionarse lo mas exacta posible;

- A).-Un numero de identificacion para cada unidad.
- B).-Donde se efectuara el trabajo.
- C).-Registrar que operaciones habran de efectuarse
- D).-Quien debera de efectuarlo.

28.-MEDIDAS DE SEGURIDAD.-

Todas las medidas de seguridad que usted tome,le reeditaran en lo economico,su personal rendira mas en la medida que este se sienta seguro en el desempeño de su trabajo y en la tranquilidad que esto da a su familia.

Tenga a la mano extinguidores y vea que su personal los sabe usar,lleve un control de las fechas de vencimiento de las cargas de los mismos.

29.-OPERATIVAS.-

Las medidas de seguridad en la operación de sus equipos es una buena medida, cheque que sus operadores manejan con seguridad y atienden a su unidades en forma adecuada.

No permita que se usen herramientas inadecuadas tratando de buscar una economía ficticia, pero tampoco permita que hagan mal uso de la herramienta.

30.-EN EL TALLER.-

Haga que se vigile el uso de la herramienta, controlela, ya que es muy comun que el mecanico se la lleve, haga inspecciones periodicas de la misma.

Dote a cada mecanico de la herramienta que debe de tener para su uso diario, la herramienta de uso comun controlela con vales en el alma cen de herramienta. Haga que sus llaneros tengan jaulas de proteccion al inflar una llanta, la falta de ellas les puede costar la vida.

31.-CON EL PERSONAL.-

De los equipos de seguridad con que dote al personal, haga que lo usen, no es recomendable, pero si es necesario sancionelos, pero sea justo en todo momento.

El obrero mexicano, es muy dado a trabajar sin las protecciones necesarias, recuerdele con carteles que LAS MANOS NO RETOÑAN. QUE EN SU CASA LOS ESPERAN TAN COMPLETOS COMO SALIERON RUMBO AL TRABAJO.

32.-DEL VEHICULO.-

Tenga al corriente siempre los seguros de los vehiculos, es conveniente elabora un breve manual de que se debe hacer en caso de cualquier tipo de accidente.

Vea que los seguros cubran lo que le ofrecieron, y haga que se le atienda en el menor tiempo posible.

Evite que sus operadores hagan arreglos economicos con terceros.

33.-SEGUROS DEL PERSONAL Y DEL VEHICULO.-

Asegure a su personal y a su vehiculo, pero vigile que el personal no salga a trabajar con licencia vencida, o sin ella, que no satga sin documentos.

Conserve los originales de la documentacion en un archivo, y vea que la unidad traiga copi de los mismos, es muy facil que el operador, o en el engrasado, en el garage, se pierdan.

34.-TIEMPOS DE REPARACION.-

El proveedor de componentes y el de unidades nos puede proporcionar un standard de tiempo para efectuar una reparación para cada una de las actividades a desarrollar, esto también es un valioso auxiliar para el cálculo de costos.

Normalmente los proveedores son reacios a proporcionar esta información, pero al adquirir una flotilla de unidades, se puede presionar para que lo proporcionen.

35.-PRE-ESTABLECIDOS.-

Son los que nos da el proveedor, pero a esto hay que considerar que ellos cuentan con la herramienta especializada y el personal dedicado a una sola operación, por lo que hay que considerar estos estándares con cierto margen de tolerancia.

Además el proveedor siempre tiene la refacción necesaria a la mano, y el mecánico de nuestros talleres no siempre cuenta con ellas.

36.-POR PRACTICA.-

La práctica del trabajo, nos va indicando poco a poco, pero con seguridad en que medida debemos considerar los tiempos standard.

Esto nos permitirá cada vez acercarnos más al costo real de la operación de la flotilla de unidades.

El tiempo también se aproximará a los estándares en la medida que tengamos la menor rotación de personal y nos permita ir dominando más cada operación.-

37.-SISTEMAS DE INFORMACION

La información entre los medios de mantenimiento-costos-operación, deberá ser siempre lo más clara y explícita posible-

Esto empieza con el reporte del operador al taller mecánico, siempre habrá que tratar que la información sea lo más amplia y clara posible, si es necesario aclare su información con el mecánico, con objeto de no deformar el reporte.

Cuando se envíen los datos al área de costos también deberá ser lo más clara posible.

Cuando se desmonta un equipo que requiera informarse a las autoridades debera hacerse con claridad, por ejemplo en el caso de un motor hay que informar el numero del motor que estaba instado y el numero del que se monta, donde estaba el que se instalo y a donde va el desmontado.

Esto nos evitara problemas con autoridades y con las compañías de seguros en caso de un accidente.

38.- COMO SE IMPLANTA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.-

Normalmente la empresa armadora de las unidades entregan un programa de mantenimiento de acuerdo a kilometros recorridos.

Esto puede ser por ejemplo que se debe hacer a los

- 2,000 kilometros
- 4,000 kilometros
- 8,000 kilometros

Esto significa que debemos hacer la operacion que se nos indica a los 2,000 kilometros y a los 4,000 hay que repetir la operacion y ademas hacer lo que indica para este kilometraje, a los 6,000 hay que repetir los trabajos fr los 2,000, y a los 8,000 hay que hacer lo de los 2,000 mas lo de los 4,000 y lo que especificamente nos indica para los 8,000, y asi continuar sucesivamente.

En la misma forma hay que desarrollar el programa de lubricacion y engrase en que se indiquen los puntos a lubricar cada determinado numero de kilometros.

El programa de mantenimiento debera de diseñarse para ejecutarse con un minimo de papeleo y un maximo de eficiencia de los controles.

En todos estos casos es conveniente desarrollar los formatos necesarios para dichos controles, en muchos casos el proveedor nos puede auxiliar.

El programa no debe de ser rigido, sino tener toda la flexibilidad necesaria y obtener los mejores resultados:

El programa tambien se puede llevar por horas de trabajo de la unidad, y hacer los ajustes convenientes.

La base de un buen sistema de mantenimiento preventivo es el control del proceso, tiempos de trabajo y de costos.

39.-CAPACITACION.-

El personal en general debera de tener un programa de capacitacion general,y uno especifico para su puesto.

debera de seleccionarse al personal que asista a estos cursos sobre todo a los especificos,de acuerdo a su area,su preparacion,el trabajo a desarrollar.

Dentro de los cursos generales,debera programarse uno de endoctri- y nacion , conocimiento e identificacion con su empresa

Es necesario indicar al personal en este curso todo lo que se considere necesario,por ejemplo lugar y hora de cobro,lugar del comedor etc.

Es conveniente prepara una lista de verificación para no omitir ningun informe.

40.-ORDEN Y LIMPIEZA.-

Es muy conveniente mantener al maximo el orden y la limpieza en las areas de trabajo,muy especialmente en areas del taller mecanico lo que redundara en una operacion segura y agradable

A corto plazo esta situacion traera beneficios economicos al pagar menos cuota de seguro,lograr un menor ausentismo del trabajador y una mejor calidad en el trabajo del mismo.

Para lo anterior utilice el equipo adecuado que va desde escobas y cepillos para un aseo manual,hasta barredoras y bombas de alta presion y bajo consumo de agua,para mecanizar la limpieza de las areas.Lo anterior dependera del tamaño del taller y de las areas a limpiar en las instalaciones.

41.-CALIDAD DEL OPERADOR.-

Debe de tenerse mucho cuidado al seleccionar la calidad del operador que esta contratando,recuerde que esta poniendo en sus manos todo un capital,analice lo que le cuesta una unidad y se dara cuenta de lo que decimos,trate de conocer sus antecedentes,prefiera a un hombre maduro a uno demasiado joven,indiquele los seguros que tiene y hagale ver lo que esta gastando para proteger su seguridad y la estabilidad de su familia.

Es conveniente tener un jefe de operadores lo suficientemente experimentado y con los conocimientos suficientes, así como la facilidad de transmitir estos al operador.

42.- EMERGENCIAS MECANICAS.-

El taller de mantenimiento deberá de atender todas las emergencias que ocurran dentro de la zona que se le limite bien sea uno o varios talleres.

Las emergencias serán manejadas directamente por el jefe de taller.

Deberá elaborar una orden de trabajo para efectuar estas emergencias

Deberá especificar lo más claro posible los trabajos que se efectuarán de acuerdo a los datos que le haya proporcionado el operador.

Contará con los medios necesarios para poder atender estas emergencias. (Probablemente un vehículo equipado para esto)

El mecánico que asista a cubrir estas necesidades, deberá anotar claramente los trabajos que realizó, indicando el material usado, la hora de llegada y de terminación, si el trabajo se terminó o quedó algún pendiente, hecho todo esto recabará la firma del operador atendido.

Si la reparación no fue terminada totalmente, se le indicará el operador para que lleve la Unidad al taller más próximo o al que le corresponda, y se le proporcionará una copia del trabajo efectuado y los materiales usados.

ING. PEDRO ARAU GRANDA.

15

**SECCION CONTROL DE VEHICULOS
REVISION DE ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS**

FECHA _____ TURNO _____

No. ECONOMICO _____ PLACAS _____ CAJA _____

LECTURA DE KILOMETRAJE			LECTURA DE COMBUSTIBLE			LECTURA DE LUBRICANTES		
INICIAL	FINAL	RECORRIDO	INICIAL	CONSUMO	RENDIMIENTO	INICIAL	CONSUMO	RENDIMIENTO

	B	M		B	M		B	M
DEFENSA DELANTERA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CALAVERAS Y MICAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LODERAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DEFENSA TRASERA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAPAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MALACATE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SALPICADERA DEL. IZO.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VIDRIOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PIEZAS DE ENGANCHE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SALPICADERA DEL. DER.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ESPEJOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MECANISMO WINCH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SALPICADERA TRAS. IZO.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LLANTAS(INCLUYE REF.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TUMBABURROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SALPICADERA TRAS. DER.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PERILLAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PUERTA POSTERIOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PUERTA DERECHA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LIMPIADORES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAPA POSTERIOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PUERTA IZQUIERDA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TAPONES EN GENERAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TORRETA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PUERTA LATERAL IZO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INTERIORES EN GENERAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	MOLDURAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PUERTA LATERAL DER.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HULES Y CAÑUELAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	HERRAMIENTA EN GRAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTRIBO DERECHO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SISTEMA DE ARRANQUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SIST DE COMUNICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTRIBO IZQUIERDO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SIST DE ENFRIAMIENTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PARTE POST. PLATAFORMA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SIST. ELECTRICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COFRE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SIST HIDRAULICO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES _____

RECIBIO _____ HORA _____ No DE CREDENCIAL _____ ENTREGADO SECCION CONTROL DE VEHICULOS

NOMBRE Y FIRMA _____ NOMBRE Y FIRMA _____

ENTREGO _____ HORA _____ No DE CREDENCIAL _____ RECIBIDO SECCION CONTROL DE VEHICULOS

NOMBRE Y FIRMA _____ NOMBRE Y FIRMA _____



GRUPO DECAR

BITACORA DIARIA.-

OPERADOR _____ No EC _____

FECHA _____ No DE VIAJES _____

KILOMETRAJE _____ LECT. INICIAL _____ LECT. FINAL _____

HOROMETRO _____ LECT. INICIAL _____ LECT. FINAL _____

CONSUMO DE COMB _____ HS TRAB _____ KMTS RECORRIDOS _____

CHECAR:-

NIV. ACEITE	<input type="checkbox"/>	SI FALTA AGREGAR	<input type="checkbox"/>	LTS.			
AGUA	<input type="checkbox"/>	BANDAS	<input type="checkbox"/>	LIMPIADORES	<input type="checkbox"/>	BATERIA	<input type="checkbox"/>
LLANTAS	<input type="checkbox"/>	TABLERO	<input type="checkbox"/>	LUCES	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	PRESION ACEITE	<input type="checkbox"/>	CUARTOS	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		PRESION AIRE	<input type="checkbox"/>	CORTAS	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		TEMP. TURBO	<input type="checkbox"/>	LARGAS	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	TEMP. 1er DIF.	<input type="checkbox"/>	DIRECCIONALES	<input type="checkbox"/>	
} REVOLV.			TEMP. 2o DIF.	<input type="checkbox"/>	REVERSA	<input type="checkbox"/>	
TRAILER			TACOMETRO	<input type="checkbox"/>	STOP.	<input type="checkbox"/>	
			AMPERIMETRO	<input type="checkbox"/>	LATERALES	<input type="checkbox"/>	
			TEMP. MOTOR	<input type="checkbox"/>	CAMBIO	<input type="checkbox"/>	
FRENOS	<input type="checkbox"/>	COMBUSTIBLE	<input type="checkbox"/>				
PRESION	<input type="checkbox"/>	NIVEL	<input type="checkbox"/>				
PURGAR	<input type="checkbox"/>	PURGAR TANQUE	<input type="checkbox"/>				

REPARACIONES _____

OBSERVACIONES _____

OPERADOR

MECANICO

Va. Ba. JEFE PLANTA

NOMBRE Y FIRMA

NOMBRE Y FIRMA

REPORTE DE SERVICIO

FECHA _____

UNIDAD No. _____

TIPO _____

GRUPO DECAR

1.- ACEITE MOTOR	CAMBIAR	LTS _____
2.- ACEITE DIFERENCIAL PONER A NIVEL O	CAMBIAR	LTS _____
3.- ACEITE CAJA VELOCIDADES PONER A NIVEL O	CAMBIAR	LTS _____
4.- ACEITE TRANSMISION REVOLVEDORA PONER A NIVEL O	CAMBIAR	LTS _____
5.- ACEITE CAJA DEL SINFIN PONER A NIVEL		LTS _____
6.- LAVAR CHASSIS Y MOTOR	<input type="checkbox"/>	
7.- LAVAR CARROCERIA	<input type="checkbox"/>	
8.- SOPLETEAR CHASSIS	<input type="checkbox"/>	
9.- REVISAR GRASERAS	<input type="checkbox"/>	
10.- CAMBIAR FILTRO ACEITE	<input type="checkbox"/>	
11.- CAMBIAR FILTRO COMBUSTIBLE	<input type="checkbox"/>	
12.- CAMBIAR FILTRO ANTICORROSIVO	<input type="checkbox"/>	
13.- LAVAR FILTRO AIRE	<input type="checkbox"/>	

OTROS: _____

INSPECCION GENERAL DE LA UNIDAD

MOTOR CAJAS VELOCIDADES CLUTCH FRENOS LLANTAS BIRLOS DIRECCION TANDEM MUELLES PUERTAS	VIDRIOS LUCES BATERIAS DIFERENCIALES CHASSIS SIST. HIDRAULICO CADENA CADENA INSTRUMENTOS	
--	--	--

OBSERVACIONES _____

HOW FAST WILL IT GO?

WHICH?

SWAMI "KEN" WORTH

The Canny Mechanic

SEES ALL-TELLS ALL

HOW?

HOW MANY HORSES?

WHAT'S THE RATIO?

HOW SHARP WILL IT TURN?

WHAT'S THE SPLIT?

HOW ABOUT WEIGHT

WHY?

DISTRIBUTION?

???



THE GREAT AND ILLUSTRIOUS
SWAMI
 APPEARS THRU THE COURTESY OF
KENWORTH
 MOTOR TRUCK COMPANY



"KEN" WORTH,
THE CANNY MECHANIC, SAYS:

"How Fast Can She Go?"



IT'S EASY!

$$\frac{(RPM) (r)}{(168) (R)} = MPH$$

In the above equation RPM represents the engine revolutions per minute; r is the static loaded radius of the tires; 168 is a constant; R represents the rear axle ratio times the transmission ratios.

EXAMPLES:

$$\frac{\begin{matrix} \text{ENGINE SPEED} \\ (2100) \end{matrix} \begin{matrix} \text{STATIC LOADED RADIUS} \\ \text{OF TIRES} \\ (21.0) \end{matrix}}{\begin{matrix} \text{CONSTANT} \\ (168) \end{matrix} \begin{matrix} \text{REAR AXLE} \\ \text{RATIO} \\ (6) \end{matrix}} = 43.75 \text{ MPH IN DIRECT GEAR}$$

$$\frac{\begin{matrix} \text{RPM} \\ (2100) \end{matrix} \begin{matrix} r \\ (21.0) \end{matrix}}{\begin{matrix} (168) \\ R \end{matrix} \begin{matrix} (6) \\ (84) \end{matrix}} = 52.08 \text{ MPH IN OVERDRIVE}$$

27

AUXILIARY TRANSMISSION OVERDRIVE RATIO - MAIN TRANSMISSION IN DIRECT



TIRE LOADED RADIUS

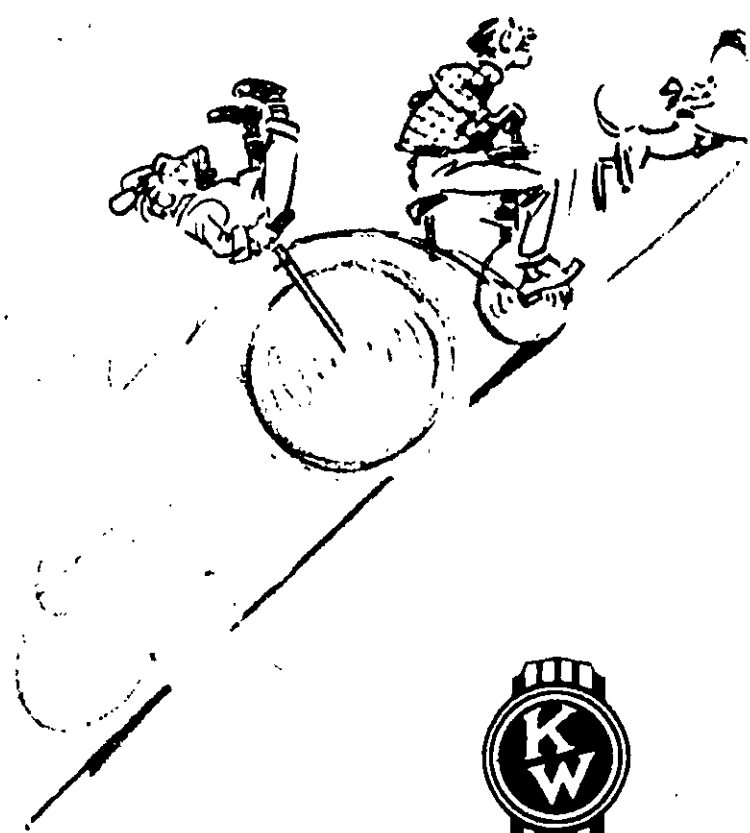
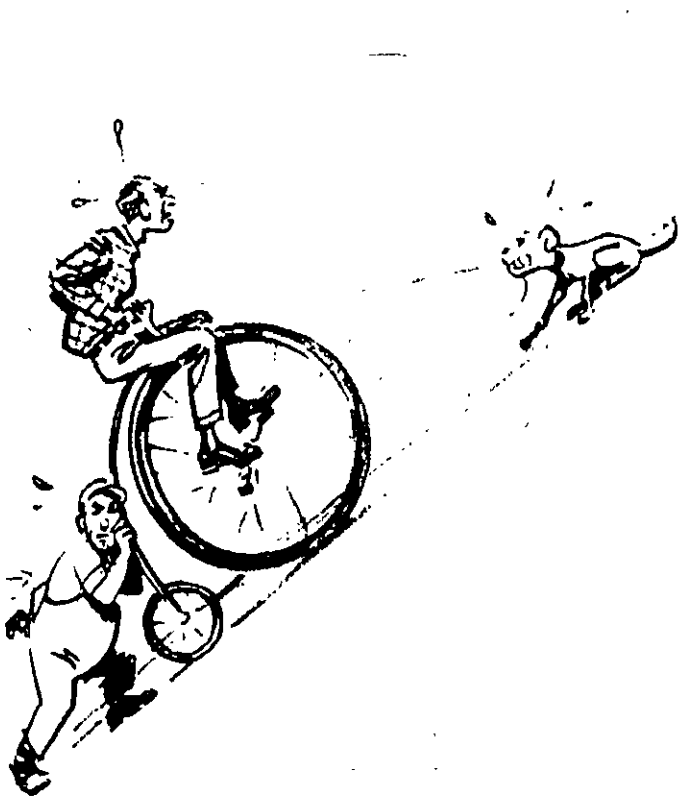
SIZE	HIGHWAY TREAD	OFF HIGH TREAD
9.00-20	19.0	19.2
10.00-20	19.6	19.9
10.00-22	20.7	20.8
11.00-20	20.1	20.4
11.00-22	21.0	21.4
11.00-24	22.1	22.3
12.00-20	20.8	21.2
12.00-24	22.8	23.0
14.00-24	24.3	25.3

AXLE RATIOS (To 1)

R-140	4.111, 5.286, 6.143, 6.833, 7.400
R-170	3.700, 4.111, 4.333, 4.625, 5.286, 6.143, 6.833, 7.400
R-200	4.41, 4.77, 5.54, 5.91, 6.38, 6.51, 7.03, 7.21, 7.79
U-200	5.91, 6.38, 7.03, 7.79, 8.69, 9.76
R-330 (Hi-Range)	4.41, 4.77, 5.54, 6.26, 7.09
(Lo-Range)	5.91, 6.38, 7.42, 8.38, 9.49
SLHD-SQHD	4-4/9, 4-5/8, 5-2/7, 5-5/6, 6-1/6, 6-5/6, 7-1/5, 7-4/5
SRHD	4-5/8, 5-2/7, 6-1/6, 6-5/6, 7-1/5, 7-2/5, 7-4/5
SSHHD	4-1/9, 4-5/8, 5-2/7, 6-1/7, 6-5/6, 7-2/5
SLD-SLDD	4.68, 5.09, 5.56, 5.90, 6.41, 6.70, 7.00, 7.67, 8.43
SQD-SQDD	5.78, 6.44, 7.54, 8.31, 9.21
SRD-SRDD	5.78, 6.44, 7.54, 8.31, 9.21, 10.26
SUD-SUDD	7.24, 7.98, 9.00, 10.14, 11.08
SFD-SFDD-4640	8.07, 9.025, 10.16, 11.56
SFD-SFDD-4740	8.07, 9.025, 10.16, 11.56
SQW	4.715, 5.667, 6.166, 6.80, 7.60, 8.20
GSW-QFR2	4.715, 5.667, 6.166, 6.80, 7.60, 8.20
SW-456	5.667, 6.167, 6.80, 7.60, 8.20
BD-45-60	10.145, 13.724, 16.516, 22.349
BD-50-60	10.145, 13.724, 16.516, 22.349
BD-90000	9.00, 10.615, 11.275, 12.000, 13.298, 14.432, 15.033, 16.955



28



"KEN" WORTH, THE CANNY MECHANIC, SAYS:

"HOW MUCH REDUCTION IS NEEDED?"

The overall reduction of any given truck is the product of the 1st gear ratio in the main transmission, the underdrive ratio in the auxiliary transmission and the rear axle ratio —

FOR EXAMPLE A TRUCK HAS THE FOLLOWING SPECIFICATIONS:

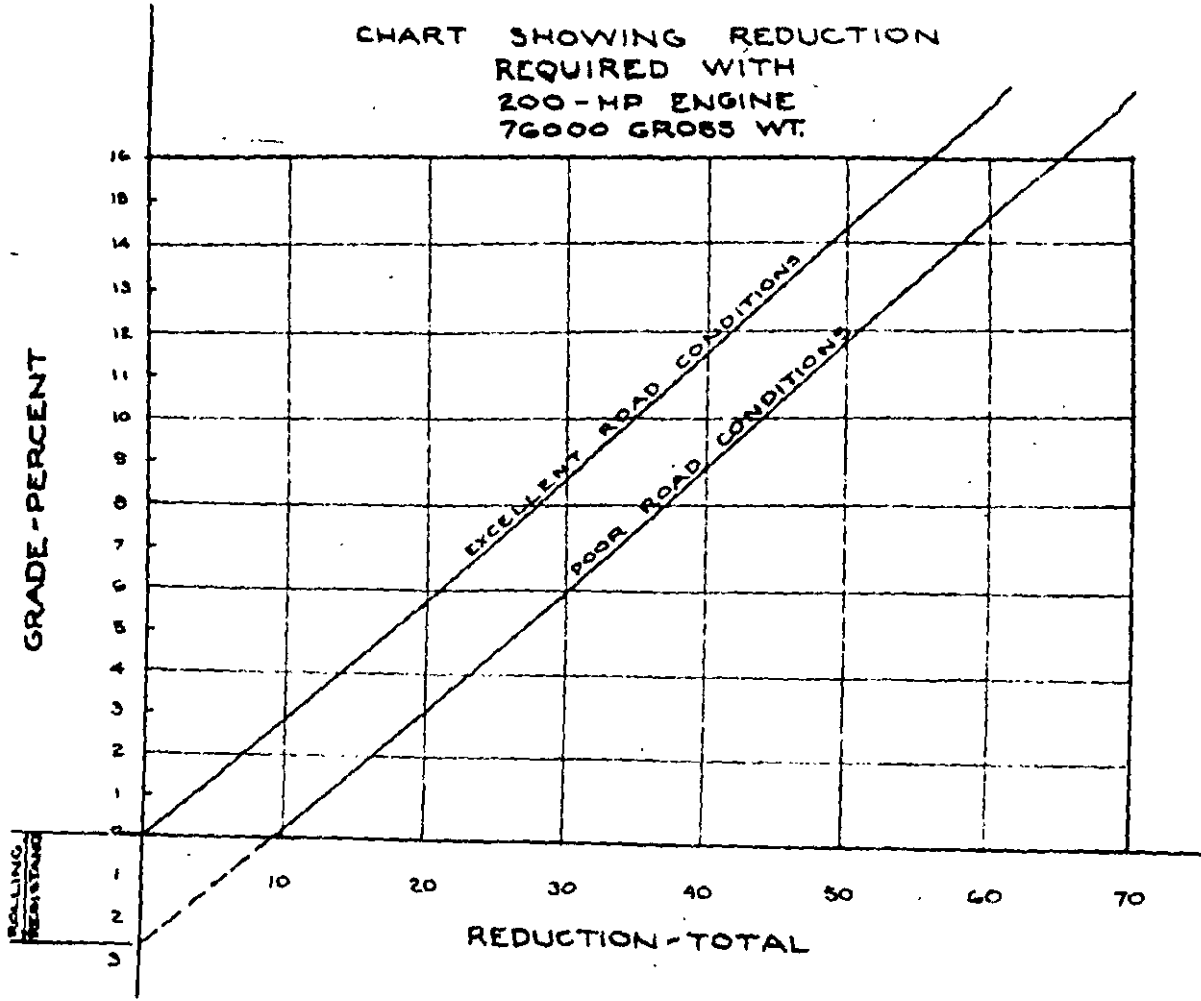
Engine	NH-220	550 FT/LBS torque at governed speed
Tires	10.00 x 22	20.9" loaded radius
Main Transmission	8251-E	1st gear ratio 5.19 to 1.00
Auxiliary Transmission	8341-C	Underdrive ratio 1.19 to 1.00
Rear Axle	SQHD	Ratio 6.166 to 1.00

THE OVERALL REDUCTION IS DERIVED AS FOLLOWS:

$$(5.19) (1.19) (6.166) = 38.08 \text{ TO } 1$$

29

CHART SHOWING REDUCTION
REQUIRED WITH
200-HP ENGINE
76000 GROSS WT.



Net tractive effort is the torque or rim pull delivered to the tires at the ground and is a product of the net engine torque and the overall reduction, divided by the loaded radius of the tires with an allowance made for rolling resistance.

THE NET TRACTIVE EFFORT IS DERIVED AS FOLLOWS:

$$NET TE = \frac{(12)(T)(E)(C)(R)}{r} - \frac{(RR)(GVW)}{100}$$

- WHERE
- T = Torque 550 ft/lbs (gross)
 - E = Efficiency of engine - 85% (average condition)
 - C = Efficiency of gears - 85% (average in lower gears)
 - R = Total reduction
 - r = Loaded radius of tires 20.9"
 - RR = Rolling resistance - 1.5% - concrete
 - GVW = Gross vehicle weight - 73280 lbs.

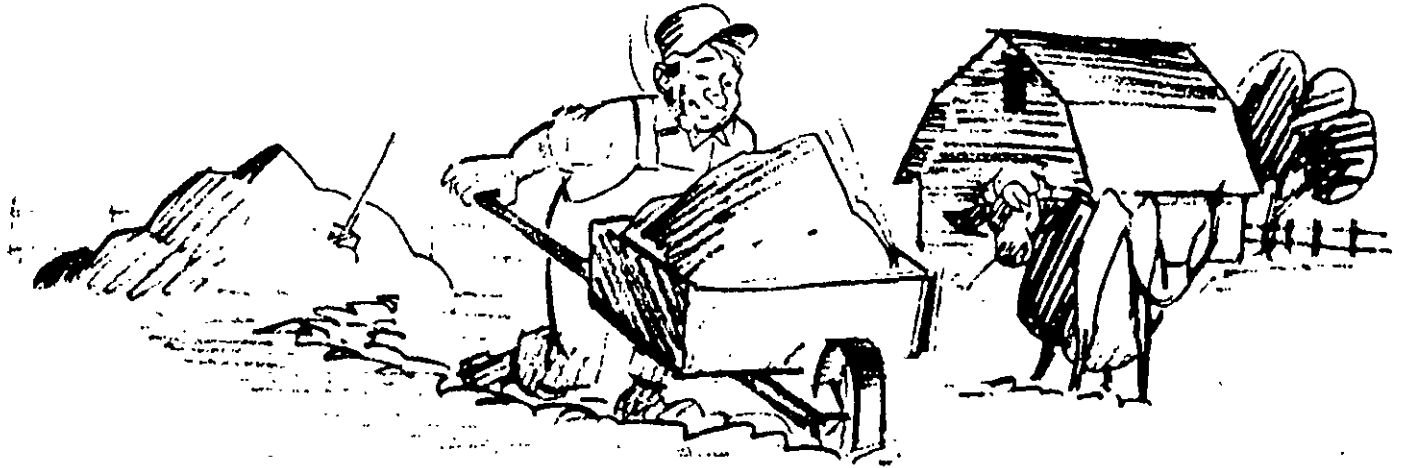
$$NET TE = \frac{(12)(550)(.85)(.85)(38.08)}{20.9} - \frac{(1.5)(73280)}{100} = 8688 - 1099 = 7589$$

Net tractive effort divided by the coefficient of friction (.6 for average dry surface) equals the ideal weight on the rear axles.

$$\frac{7589}{.6} = 12648 \text{ LBS.}$$

If the actual weight on the drive axles exceeds this amount, excessive wear and damage to the drive train will result unless the horsepower or the overall reduction is increased. If the weight is appreciably less than this amount the tires will skid before starting the load.

"Ken" WORTH says "HERE'S YOUR ROLLING RESISTANCE"



Rolling resistance is expressed in pounds per 1000 pounds of gross vehicle weight. On a flat, clean paved surface this amounts to about 15 pounds. The table gives you the rolling resistance for various road surfaces.

TYPE OF ROAD SURFACE	PERCENT ROLLING RESISTANCE
Concrete and Asphalt	1.5%
Hard Packed Dirt	2.5%
Dry Dirt or Gravel	3%
Soft Dirt	4%
Wet Surface on Firm Base	4%
Loose Sand or Gravel	10%
Rutted and Soft Base	16%

"Ken" WORTH says, "Here's a good rule of thumb"

"For a hard packed surface, rolling resistance is equal to 50 pounds pull per ton of gross vehicle weight."

"Ken" WORTH, THE CANNY MECHANIC, ASKS



"HOW'S YOUR GRADE RESISTANCE?"

Grade resistance is expressed in percent. This, plus rolling resistance equals the total resistance to move the truck up a given grade.

FORMULA: $TGR = \frac{\text{Total grade resistance} \times \text{Gross Vehicle Weight}}{100} + \text{Rolling Resistance}$

Grade in %

(EXAMPLE) $TGR = \frac{(73280)(6+1.5)}{100}$

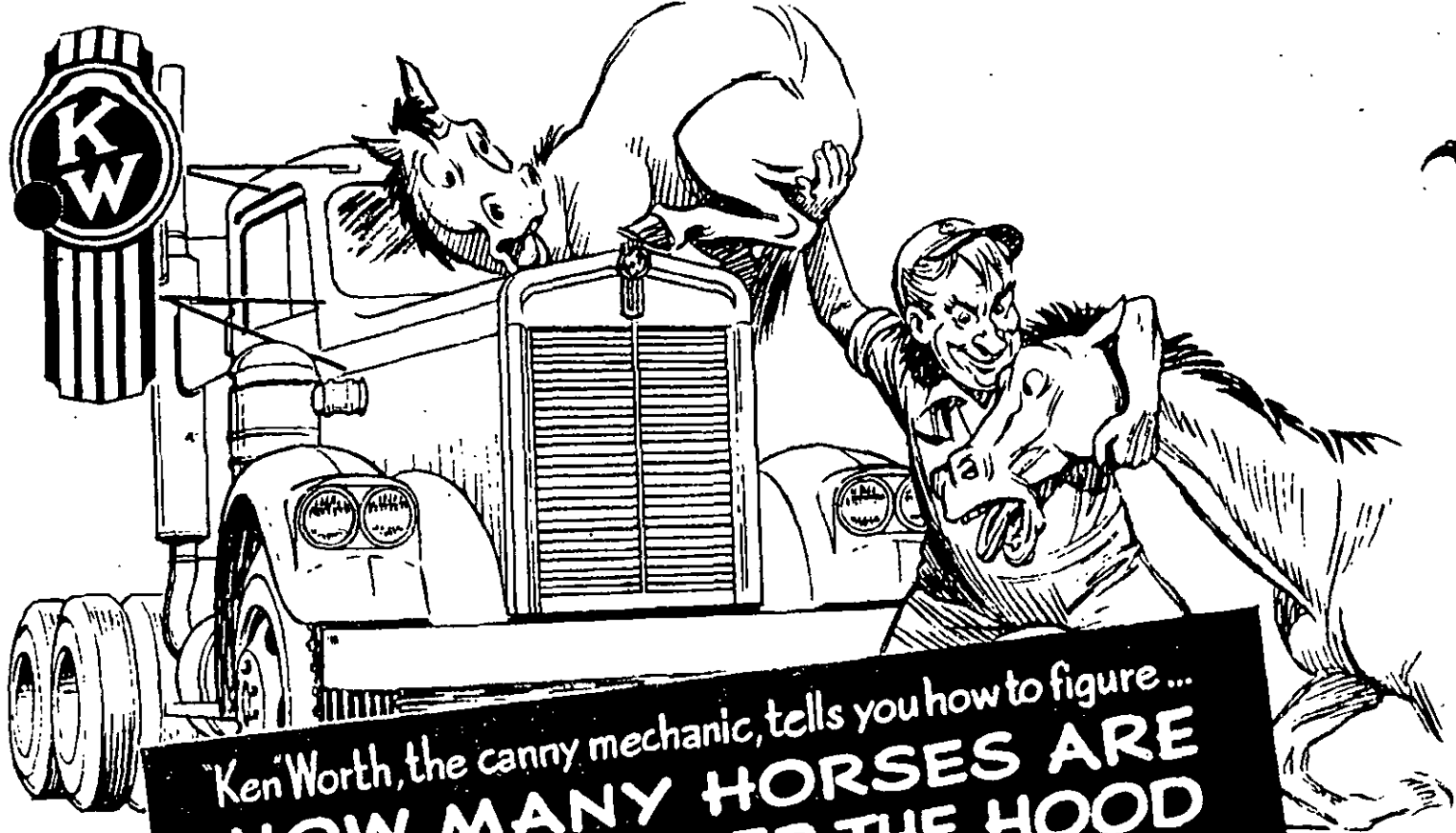
Total grade resistance = 5496 lbs.

Here's that thumb again: The force in pounds of pull required to overcome grade resistance is approximately 20 pounds per ton of gross vehicle weight for each 1% of grade. Speed on a given grade can be approximated by using "Ken's" thumb rule again.

(EXAMPLE) $MPH = \frac{\text{Gross Horse Power} \times \text{Constant} \times \text{Efficiency}}{\text{Total grade resistance}}$

$\frac{(220)(375)(.85)}{5496} = 12.76 \text{ MPH}$





Ken Worth, the canny mechanic, tells you how to figure...
HOW MANY HORSES ARE NEEDED UNDER THE HOOD

**ORDER FROM
 YOUR KENWORTH
 DISTRIBUTOR**

When you need parts for your heavy duty truck, go to your Kenworth distributor for the real thing; don't jam a substitute, an "almost as good" into it. The harm you do there can spread from part to part like decay running through a barrel of apples.

In the long run, you'll find it's easiest to go directly to your Kenworth distributor, too. He's as interested in keeping your trucks running as you are, and keeps a constant supply of genuine parts on hand for engines, transmissions, axles, steering gears, brakes, and everything else needed to keep your truck up to par and on the go!

When you've got a big load to haul, how many horses — how much horsepower — will it take to move it? "Ken" Worth, the canny mechanic, says this is the way to match the number of pounds in the load with the number of horses under the hood:

REQUIRED HORSEPOWER

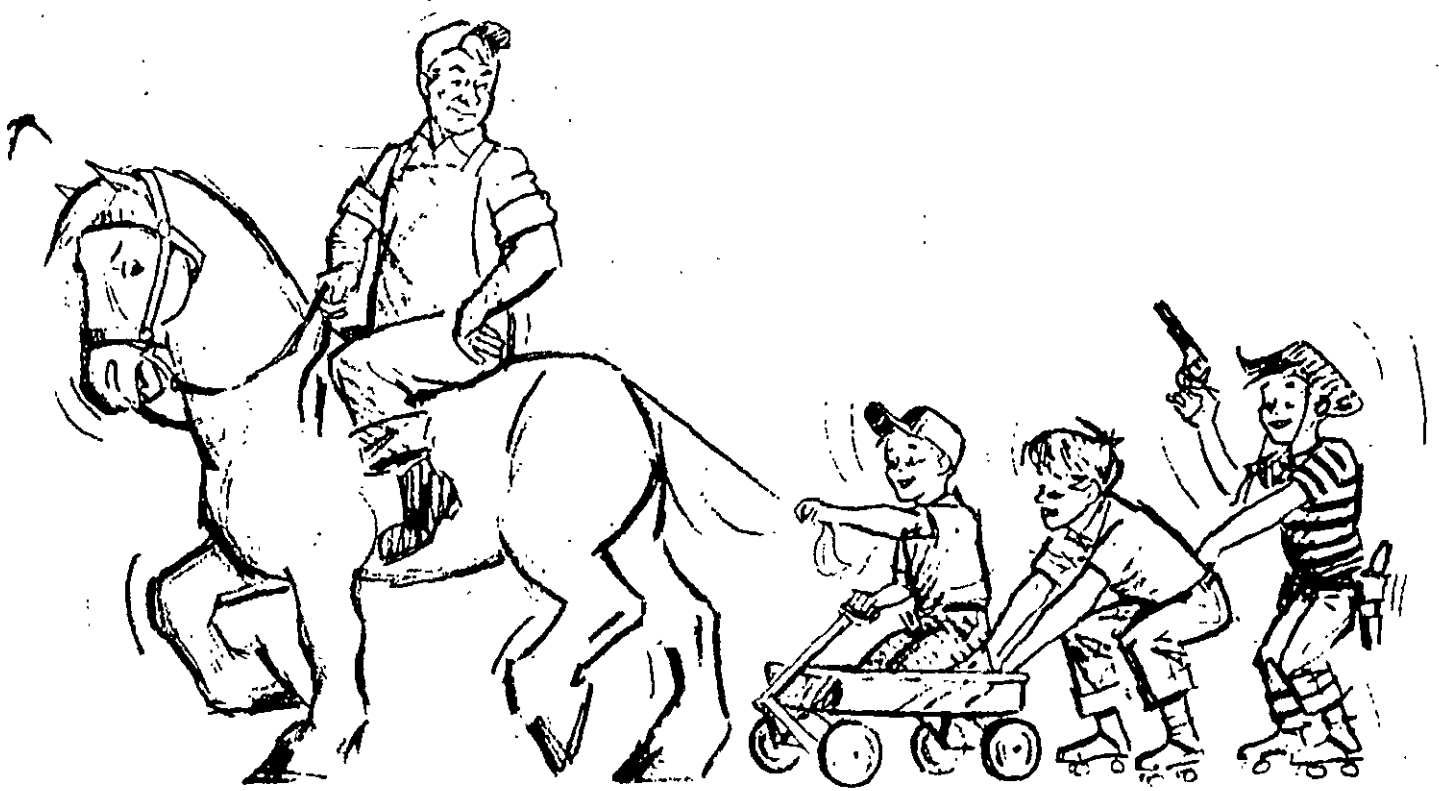
$$HP = \frac{(GVW) (G+RR) (MPH)}{27100 \text{ CONSTANT}}$$

← MILES PER HOUR

EXAMPLE :

$$\frac{(73280) (6\%+1.5\%) (10)}{27100} = 203 \text{ HORSEPOWER REQUIRED}$$

NOTE: No consideration is given to rear axle or transmission gear reduction. By referring to pages 2 and 3 you can figure the speed in various gear combinations, and one can be selected that will give the desired speed within the operating range of the engine. However, engine and gear efficiency deductions have been included in the 27100 constant of 15% each for 27.75%.



"Ken" WORTH,
THE CANNY MECHANIC, SAYS:



**THERE'S MORE THAN
ONE WAY OF LOOKING
AT HORSEPOWER**

Brake Horsepower (BHP) is the actual horsepower delivered at the crankshaft. Brake horsepower is less than the indicated horsepower because of frictional losses in the engine.

PLEASE TURN

NET BRAKE HORSEPOWER: Most horsepower measurements are taken with the engine stripped of its accessory equipment. The actual horsepower available at the crankshaft, allowing for the power to drive the fan, generator and air compressor, etc., is the net brake horsepower. Further allowances must be made for atmospheric temperature and barometric pressure.

The following is an example of the deductions necessary for a 220 HP engine at 2100 RPM:

Fan	7 H.P.	24", 6 Blade
Air compressor	2.6 H.P.	12 cu. ft. at 100 lb. pressure
Generator	2 H.P.	12 volt 50-amp
Temperature	1%	Each 10°F above 60°
Elevation	3%	Each 1000 ft. above sea level

BRAKE HORSEPOWER **220**



Deductions

Fan	7.0
Air compressor	2.6
Generator	2.0
Temperature 80° F.	4.4
Elevation 3000'	19.8
	<hr/>
	35.8
Net brake horsepower	184.2

**N.A.C.C. HORSEPOWER OR
SAE HORSEPOWER**

N.A.C.C. (National Automobile Chamber of Commerce) horsepower is derived from the following formula:

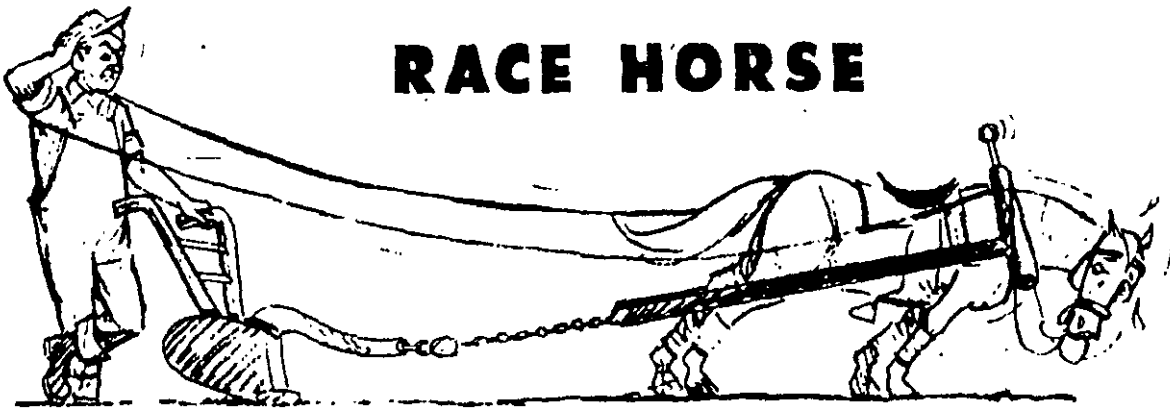
$$H.P. = \frac{CYL. DIA.^2 \times NO. OF CYL.}{2.5}$$

EXAMPLE: $\frac{5.125^2 \times 6}{2.5}$

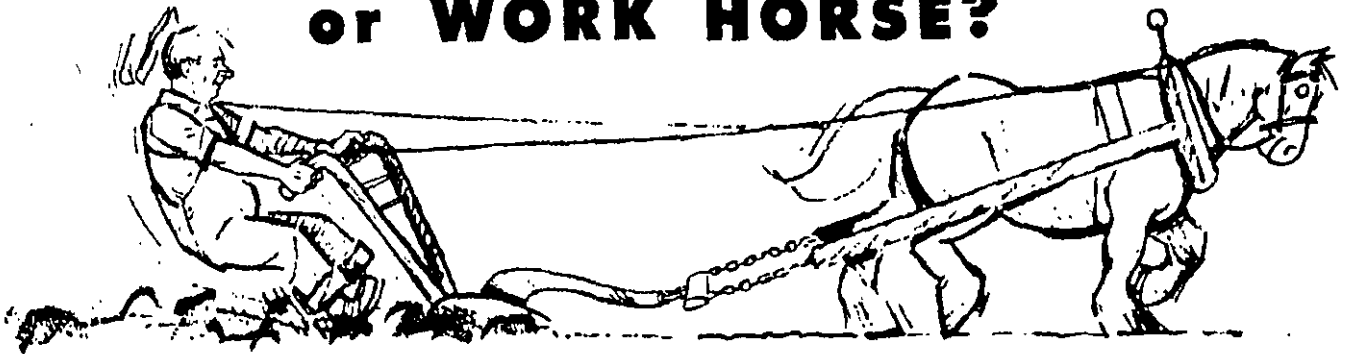
$$\frac{26.26 \times 6}{2.5} = 63 \text{ HORSEPOWER}$$

This method of figuring horsepower is generally used for licensing and taxation purposes. Due to present day design, engines develop horsepower in excess of the N.A.C.C. formula and its use has therefore become obsolete.

RACE HORSE



or WORK HORSE?



Horsepower is the measurement of how fast an engine can do a certain amount of work. Torque is how much work an engine can do. High horsepower does not necessarily mean high torque.

The confusion about the terms, "horsepower" and "torque", stems from the practice some manufacturers of claiming high horsepower developed under non-standard conditions at the maximum speed of an engine in a short burst. Others claim horsepower under SAE standard conditions at the recommended governed speed. Thus — two kinds of horsepower. One horsepower equals the ability to lift 33,000 pounds one foot in one minute under a specified set of conditions and rules.

Torque is a measurement of twist and is expressed in pounds feet, which is the amount of pressure an engine can exert on a scale without slowing down, 12" from the center of the crankshaft. Torque can be multiplied by gearing, but the horsepower remains the same.

The horsepower of an engine varies (approximately) directly as the speed, whereas the maximum torque is, again approximately, in proportion to the displacement.

"HOW TO CONVERT HORSEPOWER TO TORQUE"

EXAMPLES

$$T = \frac{H.P. \times 5252.1}{RPM}$$

EXAMPLE: $T = \frac{\overset{\text{TORQUE}}{(182)} \overset{\text{HORSEPOWER}}{(5252.1)} \overset{\text{CONSTANT}}{}}{\underset{\text{R.P.M.}}{1600}} = 597.4 \text{ Foot Pounds Torque}$

$$H.P. = \frac{(T) (RPM)}{5252.1}$$

EXAMPLE: $H.P. = \frac{\overset{\text{TORQUE}}{(550)} \overset{\text{RPM}}{(2100)} \overset{\text{CONSTANT}}{\rightarrow 5252.1}}{5252.1} = 220 \text{ HORSEPOWER}$



"Ken" WORTH, THE CANNY MECHANIC, SAYS:

"YOU NEED MORE POWER
AT SKI LEVEL THAN
SEA LEVEL"



EXPLANATION:

Engines lose their horsepower as the altitude increases. Inasmuch as engines vary in their power loss for every 1000 foot increase in altitude, it's best to check the engine manufacturer's bulletin for performance loss. 3% per 1000 feet is a good average.

EXAMPLE:

GROSS HORSEPOWER 220 ALTITUDE 3000'

$$\frac{(3\%)(3000)}{1000} = 9\%$$

$$(220)(9\%) = 19.8 \text{ H.P. LOSS}$$

$$220 - 19.8 \text{ H.P.} = 200.2 \text{ Available Gross H.P.}$$

"Ken's" thumb rule:

TO FIGURE GRADEABILITY AT ANY GIVEN ELEVATION WHEN THE SEA LEVEL GRADEABILITY IS KNOWN -

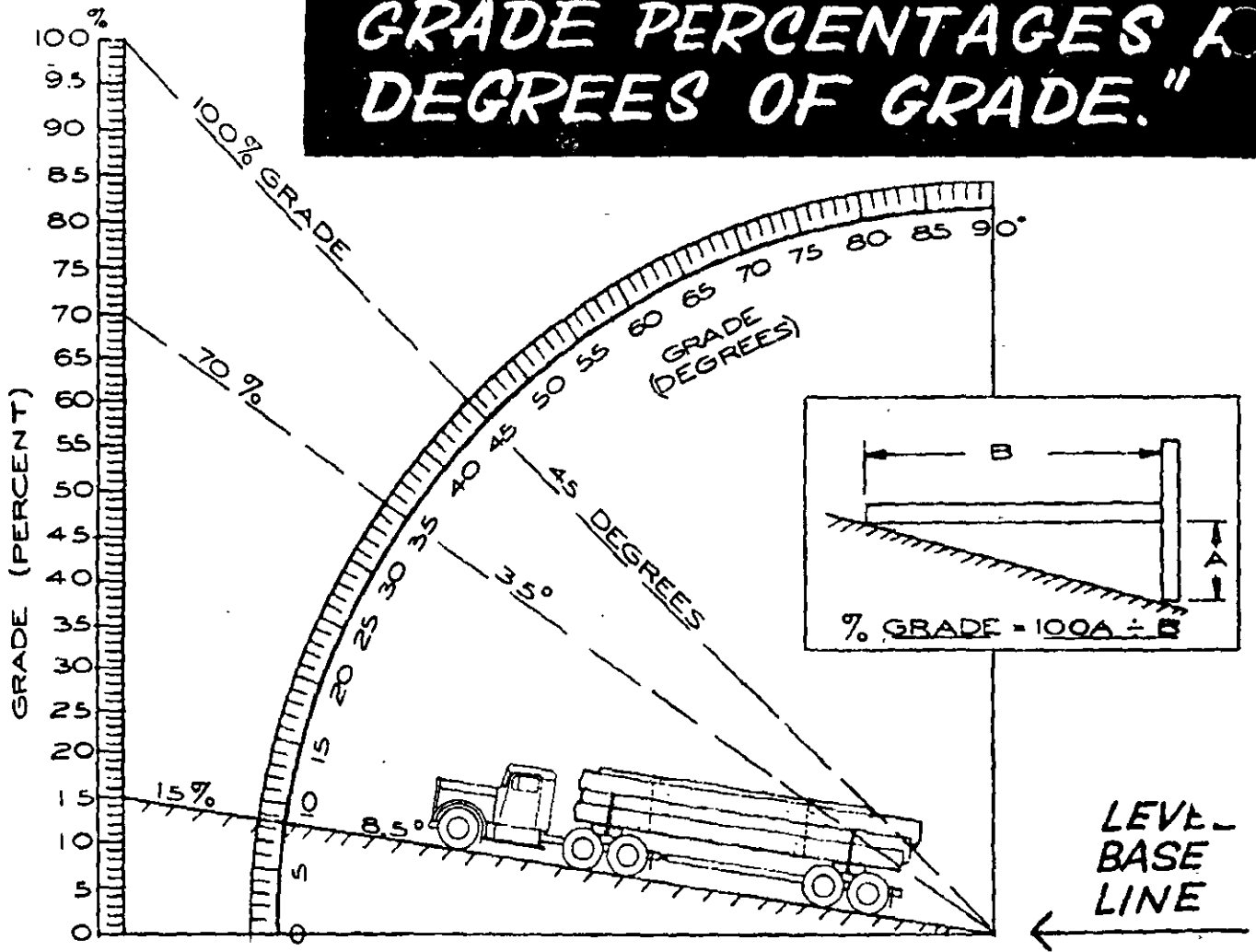
$$\text{Net gradeability} = (\text{Sea level gradeability})(3\% \text{ loss per } 1000' \text{ elevation})$$

$$\text{EXAMPLE: } \overset{\text{(Sea Level)}}{(6\%)} \overset{\text{(3\% per 1000')}}{(9\%)} = .54\%$$

$$6\% - .54\% = 5.46\% \text{ gradeability at } 3000'$$

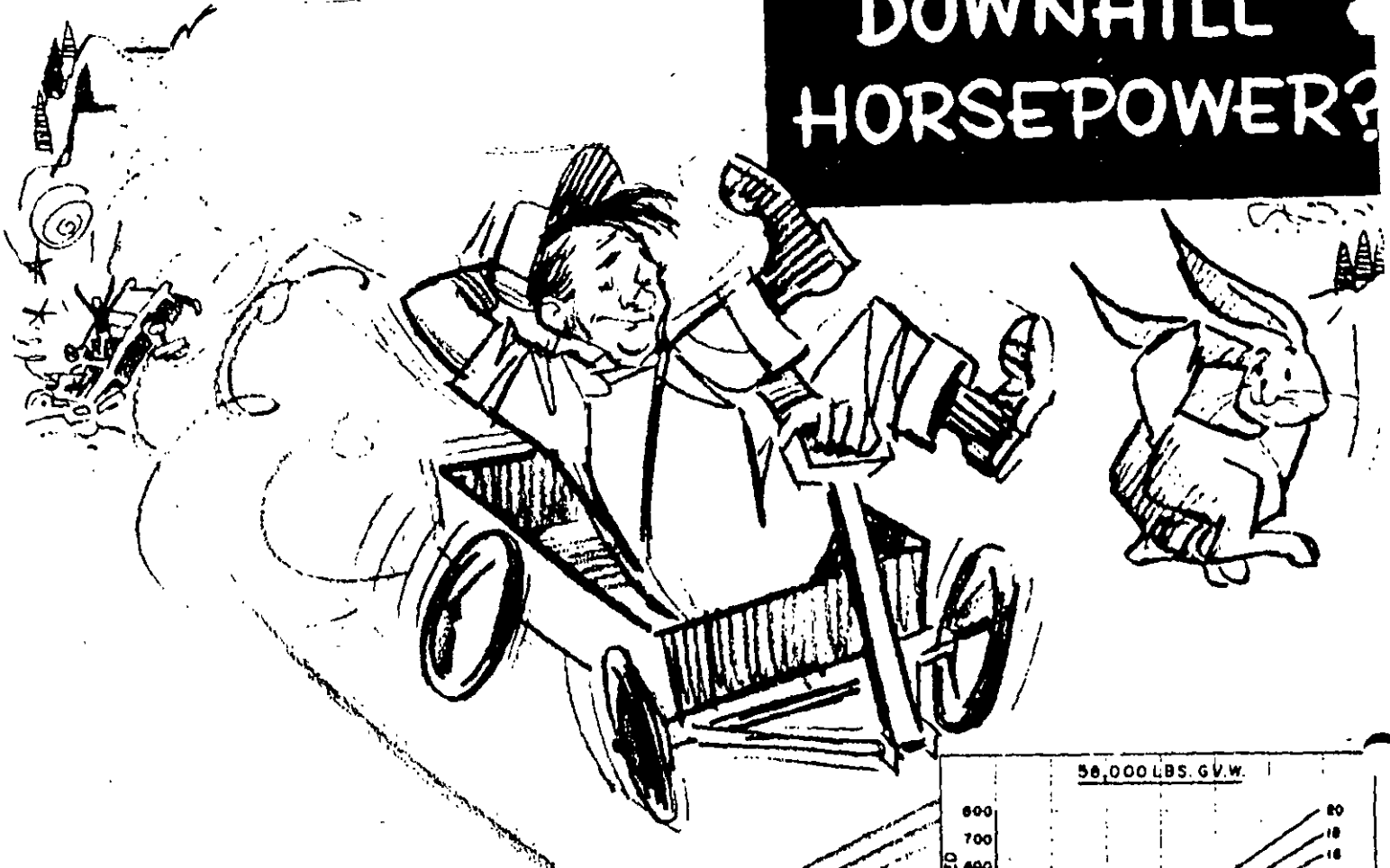
"KEN" WORTH, THE CANNY MECHANIC, SAYS:

"HERE'S A DIAGRAM FOR GRADE PERCENTAGES AND DEGREES OF GRADE."



"Ken" WORTH asks:

WHAT'S YOUR
DOWNHILL
HORSEPOWER?



When you have a big load on a downhill grade you are developing plenty of horsepower. "Ken" tells you how to figure the horsepower developed and gives you a few graphs at various gross vehicle weights and different grades indicating the horsepower developed.

FORMULA

$$H.P. = \frac{(GVW) \left(K - \frac{RR}{2000} \right) (V)}{375}$$

GROSS VEHICLE WEIGHT FACTOR FROM TABLE ROLLING RESISTANCE VEHICLE SPEED
CONSTANT

EXAMPLE

$$H.P. = \frac{(100,000) \left(.119 - \frac{40}{2000} \right) (30)}{375}$$

$$\frac{(100,000) (.099) (30)}{375} = 792 \text{ H.P.}$$

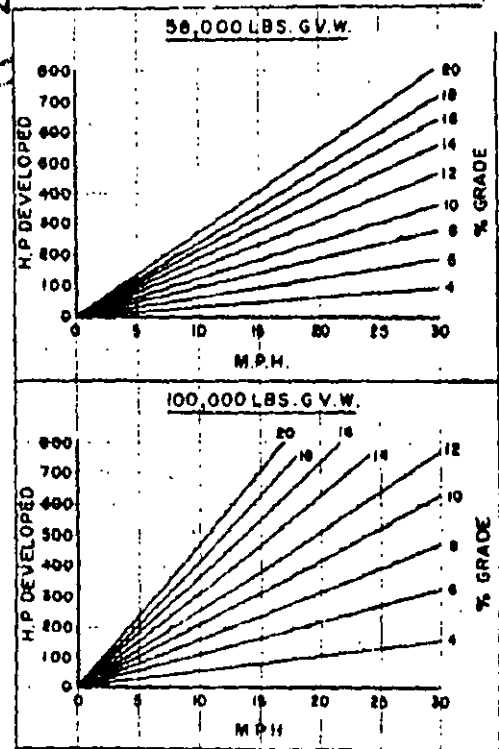
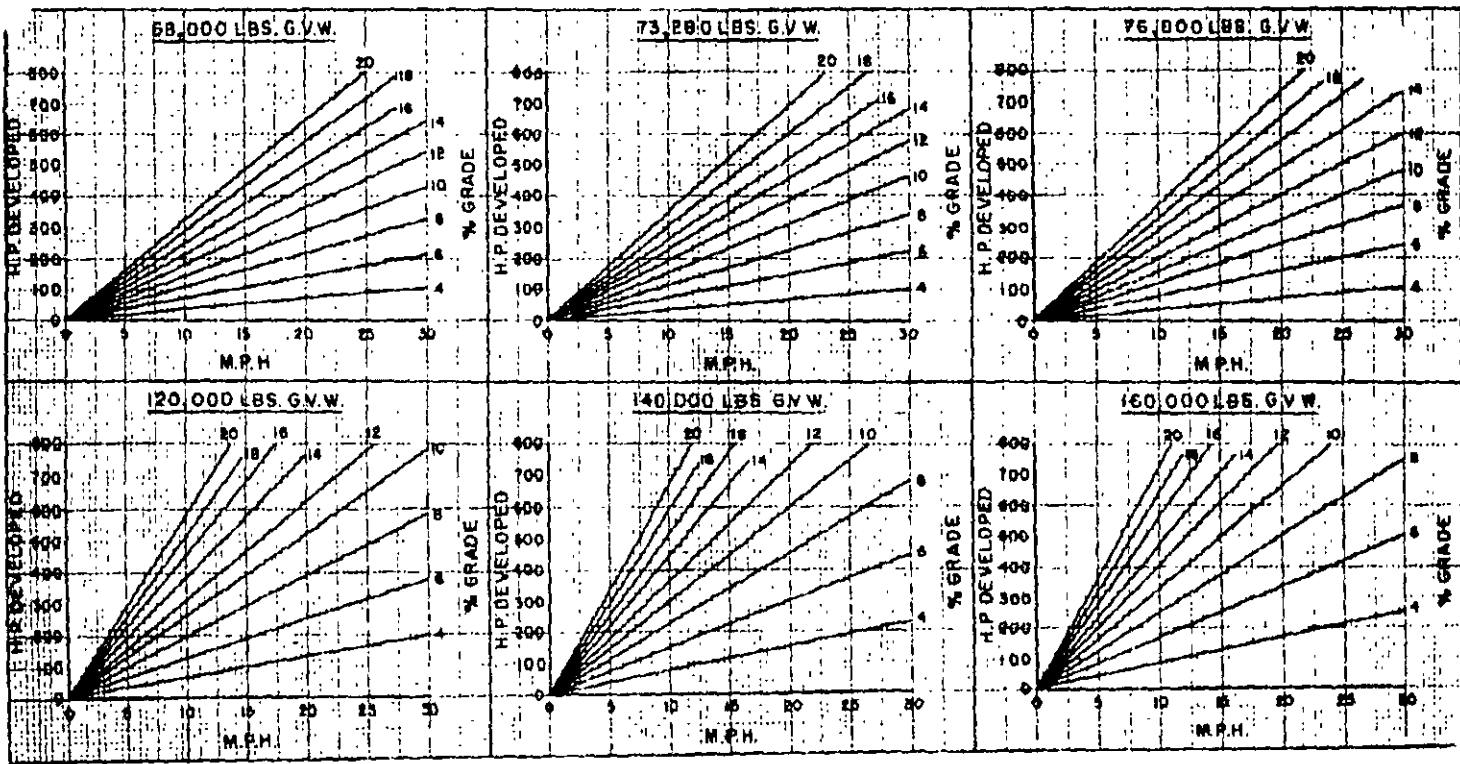




TABLE OF GRADE FACTORS

GRADE %	K FACTOR	GRADE %	K FACTOR
2	.020	12	.119
3	.030	14	.139
4	.040	16	.158
5	.050	18	.177
6	.060	20	.196
7	.070	22	.215
8	.080	24	.233
9	.090	26	.252
10	.099	30	.287

Where HP = Developed Horsepower
 GVW = Gross Vehicle Weight - lbs.
 RR = Vehicle Rolling Resistance Factor
 Lbs. Per Ton
 K = Grade Factor - See Table at Right
 V = Vehicle Speed MPH



NOTE: Since these curves are straight lines from the origin of the chart, calculating only two points will define the curve and provide a check point.

*"REN" WORTH,
THE CANNY MECHANIC, SAYS:*

"WHAT'S THE SPLIT?"



It's easy to figure proper gear splits, and it's worth taking the trouble to do so. By keeping transmission ratios properly spaced, you can hold engine RPM to a narrower margin, and avoid lugging and overspeeding. If nothing else, it's a lot easier to drive this way.

COMPLETE EXAMPLE OF TYPICAL HIGHWAY UNIT

TRANSMISSION REDUCTION AND VEHICLE SPEED

	1st	2nd	3rd	4th	5th
MAIN TRANSMISSION...8251-E	5.19	2.95	1.72	1.00	.85
AUX. TRANSMISSION...8341-C	2.40	1.19	1.00	.84	
REAR AXLE.....SQHD	6.166				
TIRE SIZE.....10.00 x 22	20.9				
ENGINE MODEL.....NH-220	2100 RPM				

GEAR POSITION	TOTAL TRANS. REDUCTION	LOW RPM	RPM DROP	TOTAL TRANS. & AXLE RED.	ROAD SPEED MPH @ 2100 RPM
1st LUD	12.46			76.75	3.4
2nd LUD	7.08	1193	907	43.61	6.0
1st UD	6.18	1833	267	38.06	6.9
1st D	5.19	1764	336	31.97	8.1
1st OD	4.36	1764	336	26.85	9.8
2nd UD	3.51	1691	409	21.62	12.0
2nd D	2.95	1765	335	18.17	14.3
2nd OD	2.48	1765	335	15.27	17.0
3rd UD	2.05	1736	364	12.62	20.7
3rd D	1.72	1762	338	10.59	24.7
3rd OD	1.44	1758	342	8.87	29.5
4th UD	1.19	1735	365	7.33	35.7
4th D	1.00	1765	335	6.16	42.4
4th OD	0.84	1764	336	5.17	50.5
5th UD	1.01	NOT USED		6.22	
5th DIR	0.85	NOT USED		5.23	
5th OD	0.71	1775	325	4.37	59.7

$$LOW\ RPM = \frac{(GOVERNED\ SPEED)(GEAR\ RATIO)}{NEXT\ LOWER\ GEAR\ RATIO}$$

$$RPM\ DROP = (GOVERNED\ SPEED) - (LOW\ RPM)$$

GEAR RATIO IN 5TH & OVERDRIVE IN AUX. = .71

GEAR RATIO IN 5TH & DIRECT IN AUX. = .85

GOVERNED SPEED = 2100 RPM

$$LOW\ RPM = \frac{(2100)(.71)}{(.85)} = 1754$$

$$RPM\ DROP = 2100 - 1754 = 346$$

UNIT TRANSMISSION RATIOS

MAKE	MODEL	RATIOS						
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	Reverse
SPICER	8041-8045	6.25	3.47	1.75	1.00	—	—	6.39
SPICER	8041-A-8045-A	6.25	3.40	1.85	1.00	—	—	6.39
SPICER	8241-8245	5.19	2.88	1.72	1.00	—	—	5.31
SPICER	8241-C-8245-C	5.19	2.95	1.72	1.00	—	—	5.31
SPICER	8051-8055	6.25	3.47	1.75	1.00	.67	—	6.39
SPICER	8051-A-8055-A	6.25	3.47	1.75	1.00	.83	—	6.39
SPICER	8051-C-8055-C	6.25	3.40	1.85	1.00	.83	—	6.39
SPICER	8051-D-8055-D	6.25	3.40	1.85	1.00	.67	—	6.39
SPICER	8251-E-8255-E	5.19	2.95	1.72	1.00	.85	—	5.31
SPICER	8251-F-8255-F	5.19	2.95	1.72	1.00	.69	—	5.31
SPICER	8052-8054	7.30	4.54	2.75	1.65	1.00	—	7.00
SPICER	8125 HR	2.55	2.05	1.59	1.28	1.00	.80	10.45-8.38-6.52
	LR	10.45	8.38	6.52	5.23	4.09	3.28	5.23-4.09-3.28
FULLER	5C-72	7.33	4.43	2.62	1.69	1.00	—	7.33
FULLER	5C-720	6.37	3.40	1.74	1.00	.80	—	6.42
FULLER	5W-74	5.95	2.95	1.62	1.25	1.00	—	6.00
FULLER	R-96 HR	2.73	2.10	1.64	1.27	1.00	—	3.18
	LR	9.65	7.43	5.80	4.80	3.54	—	11.26
FULLER	R-960 HR	2.10	1.64	1.27	1.00	.78	—	3.18
	LR	7.43	5.80	4.48	3.54	2.76	—	11.26
FULLER	10B-1120 HR	6.54	3.08	1.76	1.00	.636	—	5.06
	LR	8.59	4.04	2.31	1.31	.835	—	6.64

AUXILIARY TRANSMISSION RATIOS

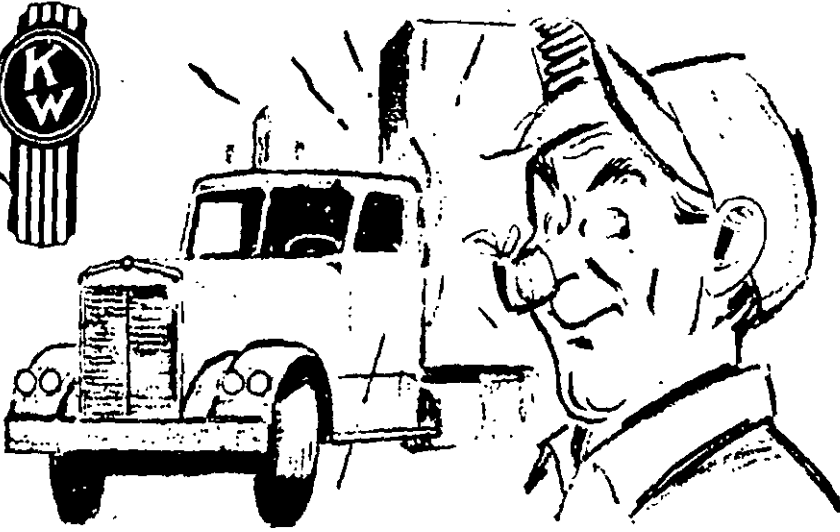
MAKE	MODEL	RATIOS			
		1st	2nd	3rd	4th
SPICER	8031-C-8035-C	2.59	1.00	.75	—
SPICER	8031-G-8035-G	1.29	1.00	.84	—
SPICER	8031-J-8035-J	1.29	1.00	.75	—
SPICER	8031-K-8035-K	2.59	1.34	1.00	—
SPICER	8031-L-8035-L	2.24	1.34	1.00	—
SPICER	8031-P-8035-P	1.19	1.00	.84	—
SPICER	8031-Q-8035-Q	1.22	1.00	.813	—
SPICER	8341-C-8345-C	2.40	1.19	1.00	.84
SPICER	8341-D-8345-D	2.40	1.22	1.00	.813



NOTE

The ratios for the 12 and 16 speed Spicer transmissions are determined by multiplying the given ratios of the above transmissions indicated in the following table.

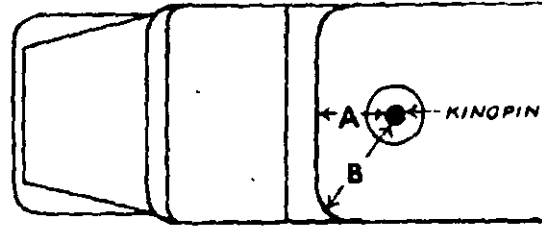
TRANSMISSION MODEL	SPEEDS	USE RATIOS	
		UNIT TRANSMISSION	AUXILIARY TRANSMISSION
8212-3A & 8212-5A	12	8241-C	8031-P
8216-3A & 8216-5A	16	8241-C	8341-C
8012-3A & 8012-5A	12	8041-A	8031-Q
8016-3A & 8016-5A	16	8041-A	8341-D



HERE'S HOW TO KEEP YOUR NOSE OUT OF TROUBLE

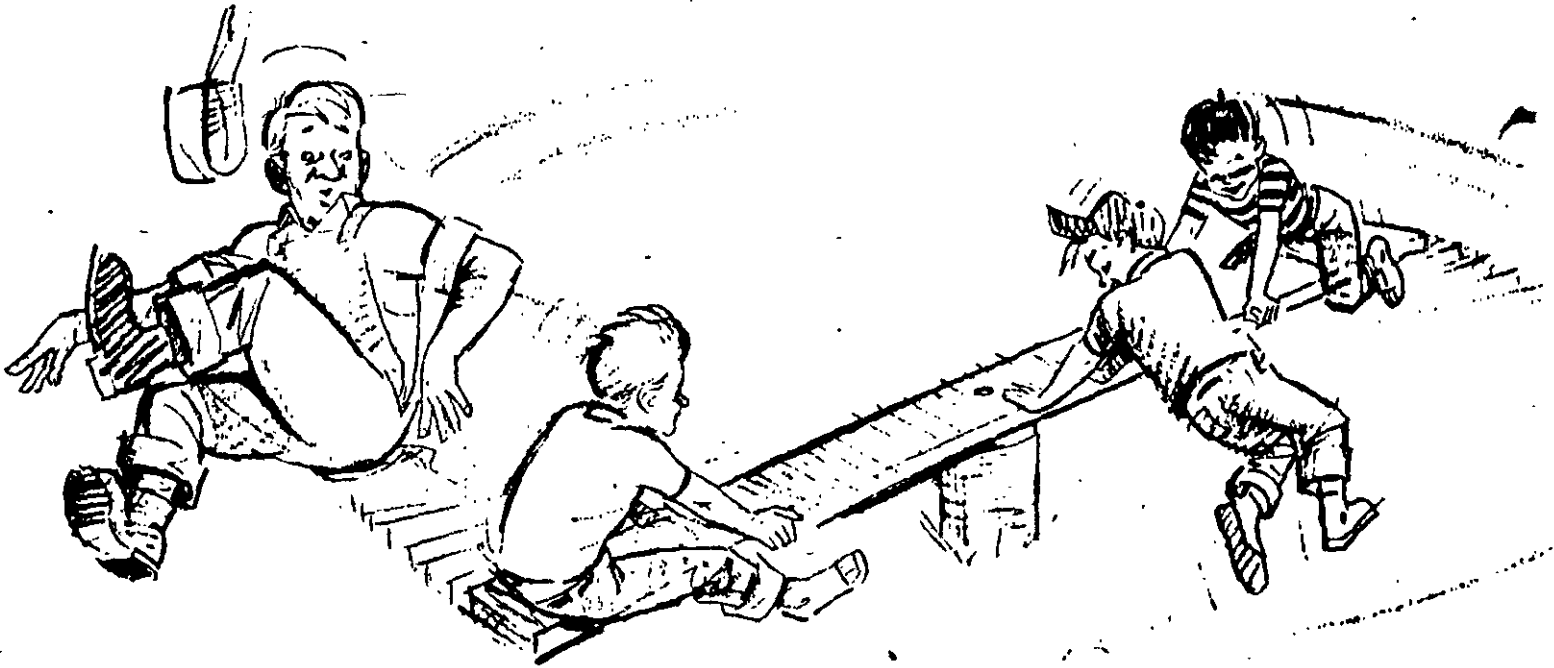
SEMI-TRAILER KINGPIN TO CORNER RADII

A KINGPIN SETTING	B* SEMI-TRAILER CORNER RADIUS													
	Square Nose	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	22"	24"	26"	28"	30"
12"	50"													
14"	50"	49"												
16"	51"	49"	49"											
18"	52"	50"	50"	49"										
20"	52"	50"	50"	49"										
22"	53"	51"	51"	50"	49"									
24"	54"	52"	51"	51"	50"	50"	49"							
26"	56"	53"	52"	51"	50"	50"	50"	49"						
28"	56"	54"	53"	52"	51"	51"	50"	50"	49"					
30"	57"	55"	54"	53"	52"	52"	51"	51"	50"	49"				
32"	58"	56"	55"	54"	53"	53"	52"	51"	51"	50"	49"			
34"	59"	58"	56"	55"	54"	54"	53"	52"	52"	51"	50"	49"		
36"	60"	58"	57"	56"	55"	55"	54"	53"	52"	52"	51"	50"	50"	
38"	62"	59"	58"	57"	56"	56"	55"	54"	53"	53"	52"	51"	51"	50"
40"	63"	61"	60"	59"	58"	57"	56"	55"	55"	54"	53"	52"	52"	51"
42"	64"	62"	61"	60"	59"	58"	57"	56"	56"	55"	54"	53"	53"	52"
44"	66"	63"	62"	61"	60"	60"	59"	58"	57"	56"	55"	55"	54"	53"
46"	67"	64"	63"	63"	62"	61"	60"	59"	58"	58"	57"	56"	55"	54"
48"	69"	66"	65"	64"	63"	62"	61"	61"	60"	59"	58"	57"	57"	56"
50"	70"	67"	66"	65"	65"	64"	63"	62"	61"	60"	60"	59"	58"	57"
52"	71"	68"	67"	66"	66"	65"	64"	63"	63"	62"	61"	60"	59"	59"
54"	72"	70"	69"	68"	68"	67"	66"	65"	64"	63"	63"	62"	61"	60"
56"	74"	73"	72"	70"	69"	68"	67"	67"	66"	65"	64"	63"	63"	62"
58"	76"	73"	72"	71"	71"	70"	69"	68"	67"	67"	66"	65"	64"	63"
60"	77"	75"	74"	73"	72"	71"	71"	70"	69"	68"	67"	67"		65"
62"	79"	77"	76"	74"	74"	73"	72"	72"	71"	70"	69"	68"	68"	67"
64"	80"	79"	77"	76"	76"	75"	74"	73"	72"	72"	71"	70"	69"	68"



* NOTE: DIMENSIONS SHOWN DO NOT INCLUDE ADDITIONAL SPACE NEEDED FOR JACKKNIFE. KENWORTH MINIMUM IS 4"

41



"Ken" WORTH, THE CANNY MECHANIC TELLS YOU:

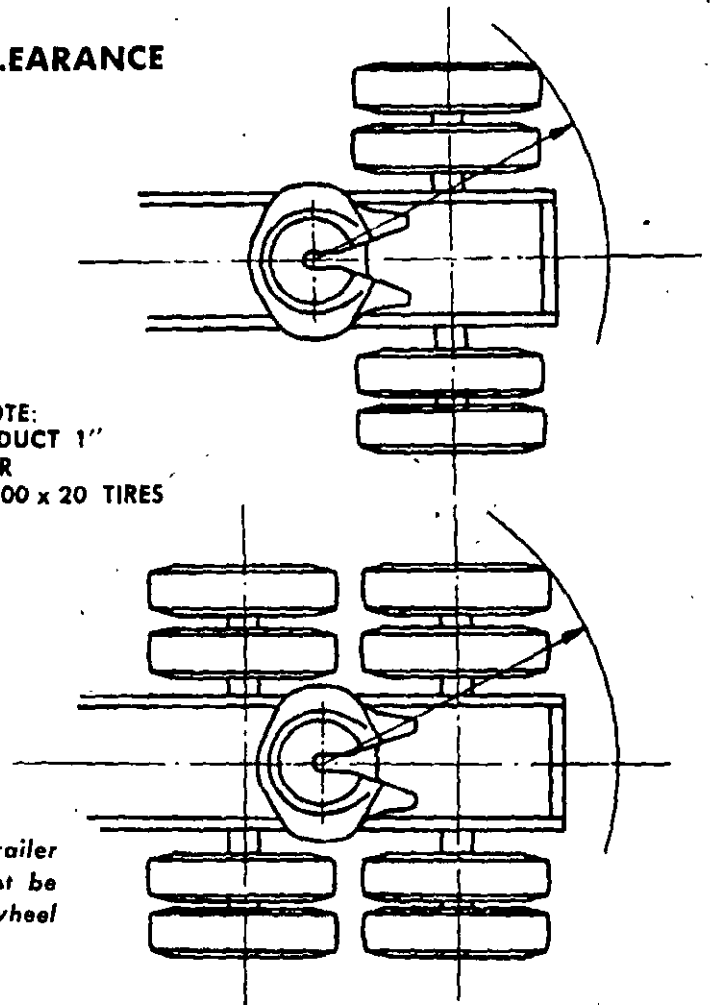
"HOW TO KEEP YOUR FEET"

REQUIRED TRAILER LANDING GEAR CLEARANCE

BASED ON 10.00 x 22 TIRES

FIFTH WHEEL SETTING	SINGLE REAR AXLE	TANDEM AXLE
0	53"	69"
2	54"	70"
4	56"	71"
6	56"	72"
8	57"	74"
10	58"	76"
12	59"	77"
14	60"	79"
16	62"	80"
18	63"	82"
20	64"	84"
22	66"	85"
24	67"	87"
26	69"	88"
28	71"	90"
30	72"	92"

NOTE:
DEDUCT 1"
FOR
10.00 x 20 TIRES



NOTE: "Ken" WORTH says: The distance from the trailer king pin to the front face of the landing gear must be greater than the distance from the center of the 5th wheel and the rearmost portion of the outside dual tire.

"Ken" WORTH,
the canny mechanic shows you:

"HOW TO FIGURE AIR RESISTANCE"



FORMULA:
$$\frac{(MPH^3) (FA)}{\text{Constant}} = \text{Required H.P.}$$

EXAMPLE:
$$\frac{\text{SPEED} \rightarrow (40^3) \cdot (8 \times 12.5)}{150,000 \text{ Constant}} = \text{Required H.P.}$$

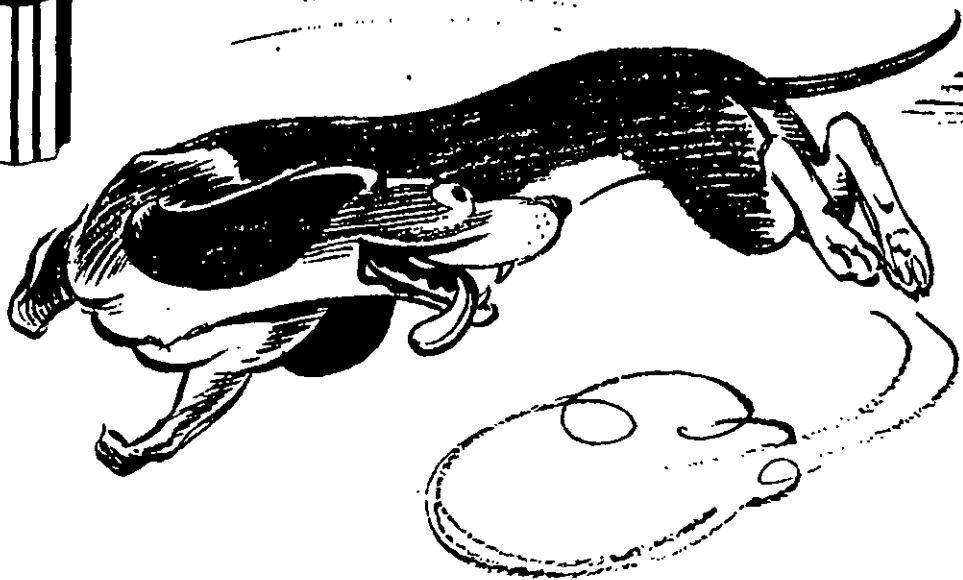
TRUCK WIDTH

TRUCK HEIGHT

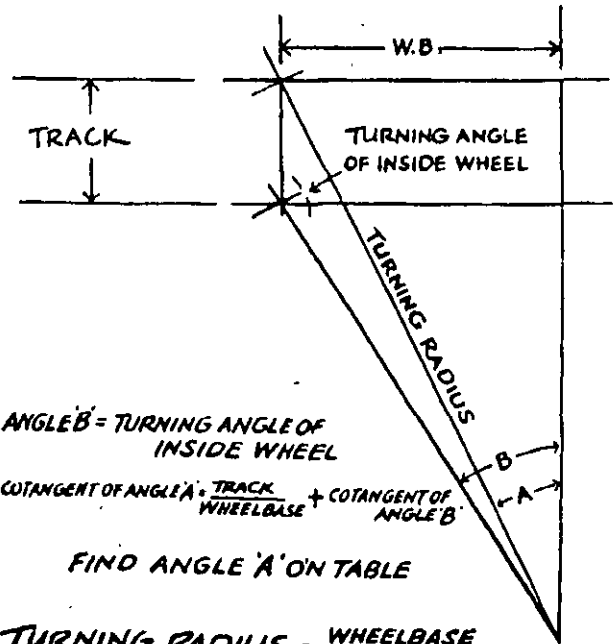
$$\frac{(64000) (100)}{150000} = 42.66 \text{ H.P. required to overcome air resistance}$$

"Ken" WORTH, THE CANNY MECHANIC, SAYS:

HOW SHARP WILL IT TURN?



TURNING RADIUS
MATHEMATICAL SOLUTION:



ANGLE B = TURNING ANGLE OF INSIDE WHEEL
 COTANGENT OF ANGLE A = $\frac{\text{TRACK}}{\text{WHEELBASE}} + \text{COTANGENT OF ANGLE B}$

FIND ANGLE A' ON TABLE

TURNING RADIUS = $\frac{\text{WHEELBASE}}{\text{SINE OF ANGLE A'}}$
 (IN INCHES)

...you may know where you want to go, but as you maneuver it through a tight turn, you better know the turning radius before you start maneuvering. "Ken" Worth, the canny mechanic, says the simple formula will do the trick:

Example:

TRACK = 77"

WHEELBASE = 200"

TURNING ANGLE = 30°

COTANGENT OF ANGLE A' = $\frac{77}{200} + 1.7320$

$385 + 1.7320 = 2.117$

ANGLE A' = 25° 17'

SINE OF ANGLE A' = .42709

TURNING RADIUS = $\frac{200}{.42709} = 468 \text{ INCHES OR } 39 \text{ FEET}$

47

Variable factors in deriving turning radius are:

FRONT AXLE TRACK

TURNING ANGLE OF INSIDE WHEEL

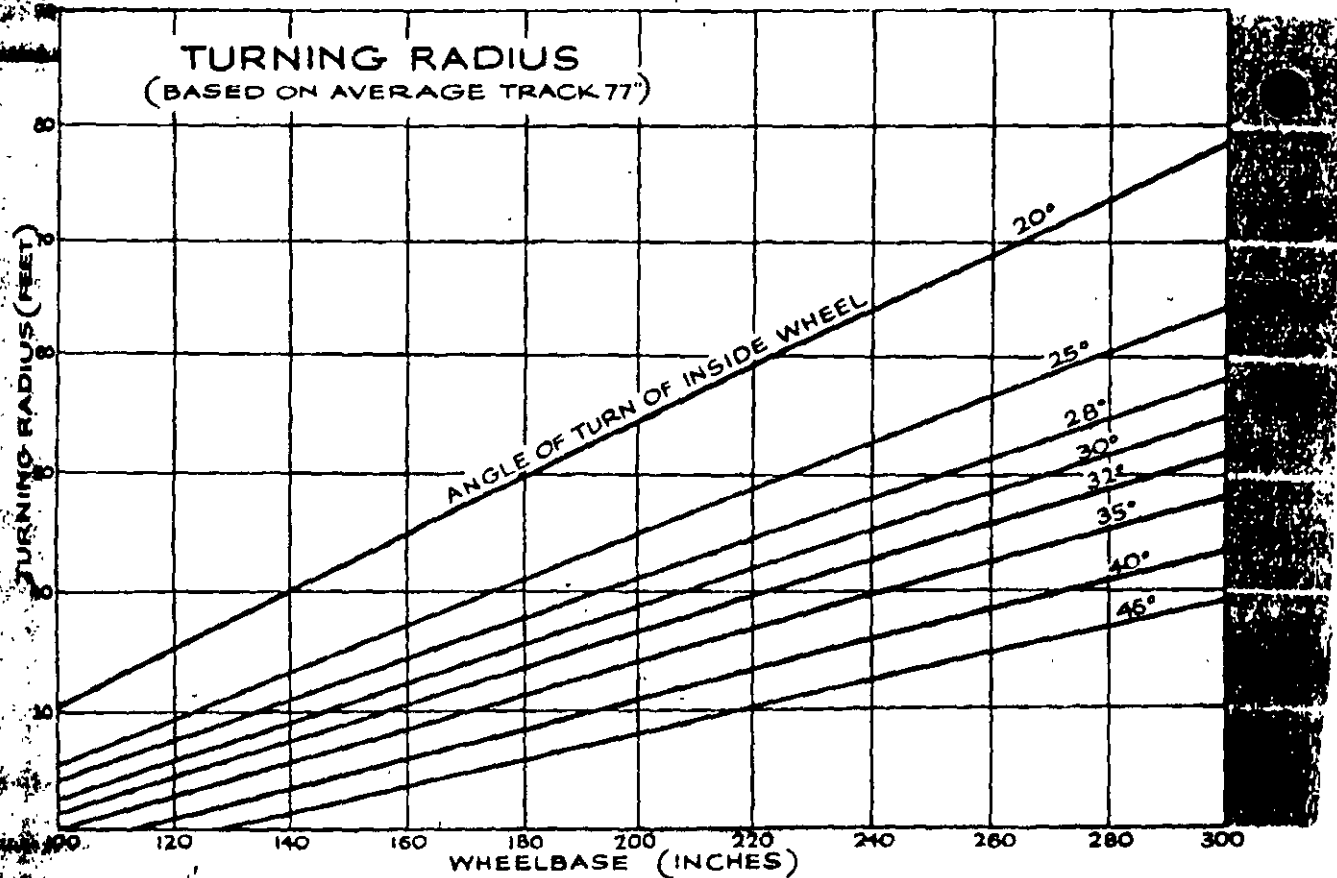
WHEELBASE

AN AVERAGE TRACK FOR FRONT AXLES IS 77"

Tire Size	Approx. Turning Angle
10.00-20	30°
11.00-20	29°
10.00-22	30°
11.00-22	28°

The use of these figures will result in an approximate turning radius. For closer accuracy both track and turning angle should be measured on the vehicle concerned.

TURNING ANGLES VARY WITH THE AXLE AND TIRE SIZE. THE FOLLOWING ARE AVERAGE ANGLES.



WEIGHTS OF COMMON MATERIALS

1. BUILDING SUPPLIES

	Pounds per Cu. Ft.	Pounds per Cu. Yd.
Asphalt—Bricks	125	3,400
Lumps	85	2,300
Cinders	50	1,350
Clay—Dry Lumps	85	2,300
Wet Lumps	115	3,100
Concrete—Average Wet Mix	140	3,800
Crushed Stone or Rock (Average)	100	2,700
Earth—Loose	75	2,000
Wet	110	3,000
Gravel—Dry	115	3,100
Wet	125	3,400
Sand—Wet	125	3,400
Dry	100	2,700
Tar	65	1,750
Tile—Solid	115	3,100
Construction	40	1,080
Brick (per M)		
Common		5,400
Hard		6,500
Paving		6,800
Paving Block		8,700
Fire		7,000
Cement (per Sack)		94
Glass (Cu. Ft.)		160
Glass Plate 1/4" Thick (Per Sq. Ft.)		3.3

2. FARM AND DAIRY PRODUCTS

Corn—Ear	70 Lbs. per Bu.
Shelled	56 Lbs. per Bu.
Cotton—Bale	515 Lbs. Each
Flour	215 Lbs. per Bbl.
Hay—Baled—26x30x46	210 Lbs. per Bale
Ice Cream	
2 1/2 Gal. 9" Diam. x 11"	18 Lbs. per Can
5 Gal. 9" Diam. x 21"	35 Lbs. per Can
Oats	32 Lbs. per Bu.
Rye	56 Lbs. per Bu.
Malt—Brewer's Grain	40 Lbs. per Bu.
Soy Beans	60 Lbs. per Bu.
Wheat	60 Lbs. per Bu.
Wool—Pressed	82 Lbs. per Cu. Ft.

3. FRUITS, VEGETABLES

Apples—Fresh	48 Lbs. per Bu.
Apples—Fresh	53 Lbs. per Box
Bananas	55 Lbs. per Bunch
Grapefruit	90 Lbs. per Southern Box
Grapefruit	68 Lbs. per Western Box
Lemons	85 Lbs. per Box
Oranges	90 Lbs. per Southern Box
Oranges	80 Lbs. per Western Box
Potatoes	60 Lbs. per Bu.
Tomatoes	55 Lbs. per Bu.

4. LIQUIDS

	Pounds per Cu. Ft.	Pounds per Gal.
Asphalt—Hot Oil	71	9.5
Butane		4.2
Cream	64	8.5
Creosote	69	9.2
Crude Oil	52	7.0
Fuel Oil	52	7.0
Gasoline	45	6.0
Milk	64	8.6
Petroleum	56	7.5
Water	63	8.4

	Pounds per Unit
Beer—Wood Bbl., 1/2 Bbl.	205
Alum. Bbl., 1/2 Bbl.	147

LIQUIDS — Continued

	Pounds per Unit
Beer—Carton 24—12 oz.	45
Wood Case	53
Milk— 5 Gal. Can	62
10 Gal. Can	115
Crate 20—1/2 Pt.	33
20—Pt.	54
12—Qt.	64

5. LUMBER — AIR DRIED

	Pounds per Cu. Ft.	Pounds per M Bd. Ft.
Kiln dried averages 10% to 15% less. Green averages 40% to 50% more.		
Ash—White	46	3,830
Cedar	30	2,500
Elm—Rock	45	3,750
Fir—Douglas	32	2,670
Maple—Hard	47	3,920
Oak—Black	33	2,750
Red	48	4,000
White	49	4,080
Pine—Long Leaf	54	4,500
White	28	2,330
Yellow—Southern	45	3,750
Yellow—Long Leaf	41	3,420
Spruce	28	2,330
Walnut	45	3,750
Lath (Bundle)		25
Shingles (Bundle)		50

6. MINERALS, ORES, ROCK, COAL

	Pounds per Cu. Ft.	Pounds per Cu. Yd.
Asbestos	150	4,050
Bauxite	160	4,300
Borax	110	2,950
Charcoal—Oak	35	950
Coal—Broken		
Anthracite	60	1,600
Bituminous	45	1,200
Pocahontas	50	1,350
Coke	30	800
Granite—Solid	170	4,600
Crushed	95	2,550
Limestone—Solid	160	4,300
Crushed	100	2,700
Sandstone—Solid	155	4,200
Crushed	85	2,300
Shale—Solid	170	4,600
Crushed	95	2,550
Slag—Solid	175	4,750
Crushed	70	1,900
Stone (Average) Crushed	100	2,700

7. MISCELLANEOUS

	Pounds per Cu. Ft.	Pounds per Cu. Yd.
Ashes—Coal	45	1,200
Furniture—Household Goods	6	160
Garbage		
Dry, Paper Wrapped	15	400
Wet	46	1,250
Groceries—Misc.	30	800
Ice	58	1,550
Paper—Solid, Average	58	1,550
Snow—Moist, Packed	50	1,350
Street Sweepings	32	850
Corkboard	5 to 14 Lbs. per Cu. Ft.	
Glass Wool	1.5 Lbs. per Cu. Ft.	
Hair Felt	6 to 13 Lbs. per Cu. Ft.	
Kapok	1.0 Lbs. per Cu. Ft.	
Plywood—1/4"	0.7 Lbs. per Sq. Ft.	
Rock Wool	12 to 18 Lbs. per Cu. Ft.	

"KEN" WORTH, THE CANNY MECHANIC, SAYS:



**"HERE'S A QUICK
REFERENCE TABLE
OF WEIGHTS
AND MEASURES"**



The following table shows the weights of the principal species of logs used in motor truck logging.

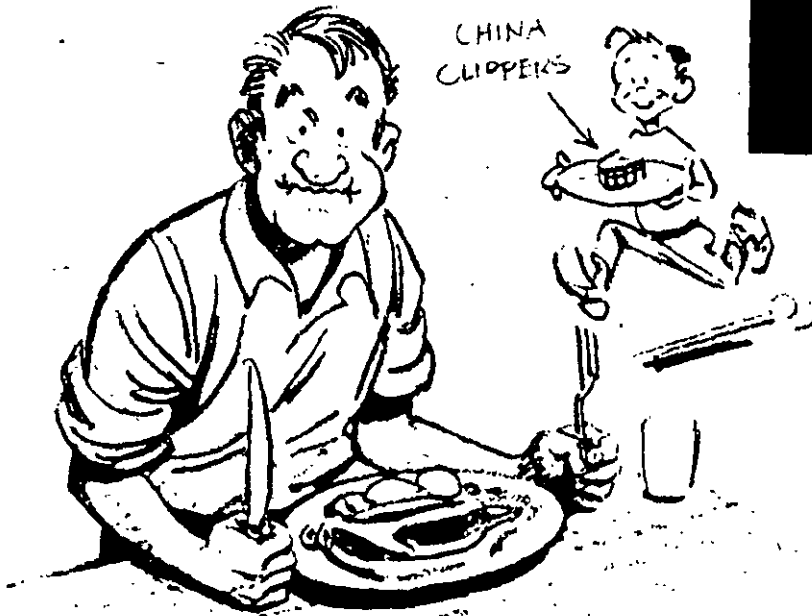
WEIGHTS OF VARIOUS SIZE LOGS AND SPECIES

Weight in Pounds per Thousand Board Feet,
Scribner Decimal C Log Scale

<u>SPECIES</u>	Small green logs 16" diameter	Medium green logs 30" Diameter	Large green logs 50" Diameter
SOFTWOODS			
Port Orford cedar.....	7,050	5,411	4,997
Western red cedar.....	5,289	4,058	3,748
Douglas fir.....	7,446	5,711	5,276
Lowland white fir.....	8,621	6,613	6,108
Noble fir.....	5,878	4,509	4,165
Western hemlock.....	8,033	6,162	5,691
Lodgepole pine.....	7,641	5,862	5,414
Ponderosa pine.....	8,817	6,864	6,247
Sitka spruce.....	6,465	4,960	4,582
HARDWOODS			
Red alder.....	9,013	6,914
Oregon ash.....	9,013	6,914
Black cottonwood.....	9,013	6,914
Bigleaf maple.....	9,209	7,064
Oregon white oak.....	13,519	10,370

KEN WORTH, THE CANNY MECHANIC, SAYS-

"IT TAKES THE RIGHT NUMBER OF TEETH TO DO THE JOB!"



HOW MANY TEETH?

The number of teeth in the speedometer drive gear in relation to the number of teeth in the speedometer driven gear form a ratio. In most transmissions this ratio is either 2.66 to 1.00, 4.00 to 1.00, or 4.33 to 1.00.

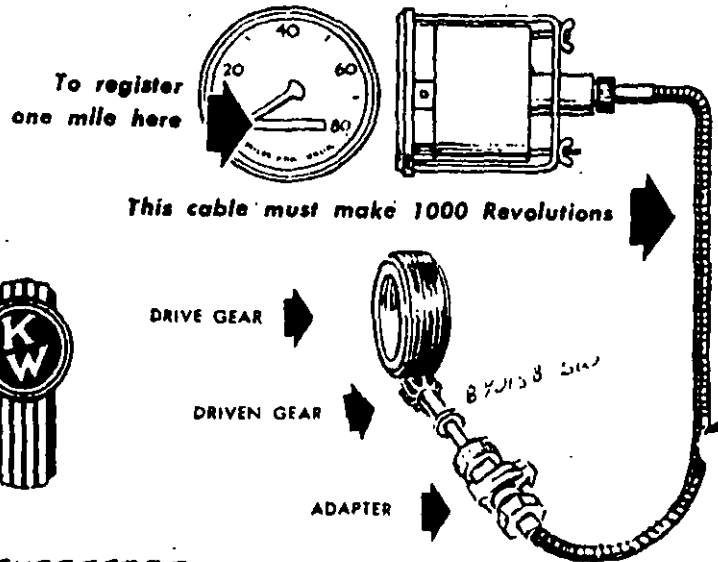
The speedometer head must turn 1000 revolutions to register one mile:

How many revolutions per mile?

How many revolutions per mile?

TIRE SIZE	REVOLUTIONS PER MILE
9.00 - 20	528
10.00 - 20	503
10.00 - 22	482
11.00 - 20	493
11.00 - 22	469
12.00 - 20	477
12.00 - 22	456
12.00 - 24	438
14.00 - 24	407

SPEEDOMETER



THEREFORE:

$$\text{SPEEDOMETER ADAPTER RATIO} = \frac{(1000) \left(\frac{\text{RATIO OF SPEEDOMETER DRIVEN TO DRIVE GEAR}}{\text{TIRE REVOLUTIONS PER MILE}} \right) (\text{REAR AXLE RATIO})}{\text{TIRE REVOLUTIONS PER MILE} (\text{REAR AXLE RATIO})}$$

EXAMPLE: 8031 Auxiliary Transmission
10.00 x 20 tires, 6.166 to 1.00 Rear Axle Ratio

$$\frac{(1000) (4)}{(503) (6.166)} = 1.289$$

RATIO OF SPEEDOMETER DRIVEN TO DRIVE GEAR

TRANSMISSION	NUMBER OF TEETH IN DRIVE GEAR	NUMBER OF TEETH IN DRIVEN GEAR	RATIO
5A62-620	4	16	4.00 to 1.00
5C65-650	4	16	4.00 to 1.00
5C72-720	4	16	4.00 to 1.00
R96C	3	13	4.33 to 1.00
1081120	3	13	4.33 to 1.00
6452	4	12	3.00 to 1.00
6453	4	12	3.00 to 1.00
7841-51	4	16	4.00 to 1.00
8041-51	6	16	2.66 to 1.00
8241-51	6	16	2.66 to 1.00
8128	4	12	3.00 to 1.00
6231	4	16	4.00 to 1.00
8031-8341	4	16	4.00 to 1.00

RTA-12315 6 14 2?? 51



"Ken" WORTH
 the canny mechanic,
 asks:

**"HOW MUCH
 JUICE WILL SHE
 PUT OUT?"**

The following tabulation will provide you with the electrical load placed on the system by each light and accessory.

ITEM	AMPERES @ 12-Volts
Headlights (High Beam)	8.2
(Low Beam and High Beam)	15.0
Identification Light	1.4
Trailer Marker and Tail Lights	18.5
Dash Lights	2.6
Road Lights (2)	6.8
Spot Light	2.0
Defroster Fan	2.4
Rear View Mirror Heat (High Position)	11.2
Hook-Up Light	1.3
Heater	7.75
Air Conditioning Fan	2.4
Dome Lights	1.4
Sleeper Lights	1.4
Stop Lights	8.2
Turn Signals	5.0
Starting Switch includes: (Fuel solenoid, tach relays, generator field circuit)	6.9



'Ken' WORTH, THE CANNY MECHANIC SAYS: Here's how to figure

WEIGHT DISTRIBUTION



In order to set the wheelbase, fifth wheel and amount of weight distributed on the tires at the ground front and rear, the chassis and body weights must be known.

There are four basic formulas used to solve for the wheelbase, fifth wheel setting (or payload center), total payload at kingpin on tractor or total payload for any single unit, that is, truck body, trailer body and amount of payload distributed on rear axle. Each formula will give you the answer if any three of the four factors are known.

MEANING OF SYMBOLS

- A = Distance from centerline of front axle to centerline of payload, which would be at the fifth wheel on a tractor or center of the truck or trailer body.
- WB = Wheelbase is the distance between the centerline of the front axle to the centerline between the rear axles on a tandem or to the centerline of the rear axle on a two axle tractor or trailer.
- PL = Total payload that can be carried in a body on a truck, trailer or on the fifth wheel of a tractor.
- LR = Amount of total payload distributed on rear axle.

BASIC FORMULAS

$$1. A = \frac{LR \times WB}{PL} \quad 2. WB = \frac{A \times PL}{LR}$$

$$3. LR = \frac{A \times PL}{WB} \quad 4. PL = \frac{LR \times WB}{A}$$

FOR TRACTOR SEMI-TRAILER WEIGHT DISTRIBUTION YOU SHOULD KNOW:

1. The states in which the vehicle will operate.
2. Legal overall combination length.
3. Maximum legal gross combination weight. (GCW)
4. Maximum allowable tandem axle loading.
5. Road ready chassis weight distributed front and rear.
6. Body and/or trailer weight.

EXAMPLE:

1. Tractor semi-trailer combination for western and partial midwestern operation.
2. Fifty foot overall legal length limit.

- Maximum gross combination weight of 73,280 pounds.
- Maximum tandem loading of 32,000 pounds.
- Road ready chassis weight of 15,420 pounds with 7,990 pounds on the front axle and 7,430 pounds on the rear axle.
- Trailer is 40 feet long with 36 inch kingpin and 51 inch axle inset from end of trailer to centerline between axles. Trailer weight to be determined.

SOLUTION

Trailer Weight Estimate

Use average trailer weight of 150 pounds per foot of length. Add 4,500 pounds for trailer under suspension, axles, tires and wheels.

TRAILER WEIGHT	=	150 LBS. × 40 FT.	=	6,000 LBS.
TANDEM WEIGHT				4,500 LBS.
TOTAL TRAILER WEIGHT				10,500 LBS.

Trailer Wheelbase

TRAILER LENGTH 40 FT. × 12	=	480 INCHES
LESS KINGPIN SETTING		36 INCHES
LESS AXLE INSET		51 INCHES
TRAILER WHEELBASE		393 INCHES

"A" dimension equals one-half of trailer length less kingpin.

480" ÷ 2	=	240"	240 ONE-HALF TRAILER LENGTH
			SUBTRACT 36 KINGPIN SETTING
		204	"A" DIMENSION

Distribute Trailer Body Weight

$LR = \frac{A \times PL}{WB}$		A = 204 INCHES
		PL = 6000 LBS.
		WB = 393 INCHES

$$LR = \frac{204 \times 6000}{393} = 3115 \text{ LBS.}$$

Trailer Weight Distributed at Tandem

BODY WEIGHT AT TANDEM		3,115 LBS
TANDEM WEIGHT	+	4,500 LBS
		7,615 LBS.

Trailer Weight Distributed at Kingpin

ESTIMATE TOTAL TRAILER WEIGHT		10,500 LBS
LESS DISTRIBUTED WEIGHT AT TANDEM		-7,615 LBS.
DISTRIBUTED WEIGHT AT KINGPIN		2,885 LBS.

How Much Payload?

MAXIMUM LEGAL GROSS COMBINATION WEIGHT		73,280 LBS.
SUBTRACT ESTIMATED CHASSIS WEIGHT ROAD-READY		-15,420 LBS.
SUBTRACT ESTIMATED TRAILER WEIGHT		-10,500 LBS.
TOTAL AVAILABLE FOR PAYLOAD		47,360 LBS.

Distribute the Payload on the Trailer

We know that the maximum legal tandem loading is 32,000 pounds and the trailer weight at tandem is 7,615 pounds.

MAXIMUM TANDEM LOADING		32,000 LBS.
SUBTRACT TRAILER WEIGHT AT TANDEM		-7,615 LBS.
PAYLOAD PERMISSABLE AT TANDEM		24,385 LBS.

TOTAL PAYLOAD		47,360 LBS.
SUBTRACT PAYLOAD AT TANDEM		-24,385 LBS.
PAYLOAD AT KINGPIN		22,975 LBS.

Set the Wheelbase on the Tractor

WE KNOW: THE OVERALL LENGTH OF THE COMBINATION IS 50 FEET.
THE TRAILER IS FORTY FEET LONG.
THE CAB IS EIGHTY-SIX INCHES FROM BUMPER TO BACK OF CAB.

The Distance Between Cab and Trailer is:

50 FT. × 12	=	600 INCHES
SUBTRACT TRAILER LENGTH		-480 INCHES
SUBTRACT TRACTOR CAB		-86 INCHES
DISTANCE BETWEEN CAB AND TRAILER NOSE		34 INCHES

The fifth wheel is preset by existing dimensions which are governed by the overall length of fifty feet. (See illustration)

FRONT AXLE TO BACK OF CAB		58 INCHES
ADD DISTANCE BETWEEN CAB AND TRAILER		34 INCHES
ADD KINGPIN DIMENSION		36 INCHES
OUR "A" DIMENSION OR FRONT AXLE TO 5TH WHEEL IS		128 INCHES

To set tractor wheelbase use formula. $WB = \frac{A \times PL}{LR}$

A	=	128 INCHES
PL	=	PAYLOAD AND TRAILER WEIGHT AT KINGPIN
		22,975 LBS. + 2,885 LBS. = 25,860 LBS.
LR	=	PAYLOAD AND TRAILER WEIGHT ON REAR AXLE.

We know that 32,000 pounds is maximum legal tandem loading.

ALLOWED TANDEM LOADING		32,000 LBS.
SUBTRACT CHASSIS WEIGHT AT REAR AXLE		7 LBS.
LR = PAYLOAD AND TRAILER WEIGHT AT REAR AXLE		24,993 LBS.

WHEELBASE SOLUTION

$$WB = \frac{A \times PL}{LR} = \frac{128 \times 25,860}{24,993} = 135"$$

The tractor wheelbase to nearest inch is 135

135" TRACTOR WHEELBASE		
-128" FRONT AXLE TO 5TH WHEEL		7"

By subtraction the fifth wheel setting is 7 inches ahead of rear axle centerline.

FULL TRUCK AND TRAILER COMBINATION

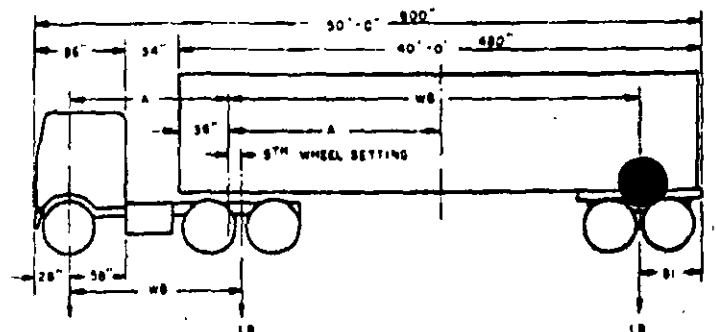
Truck: Solution same as tractor. (Treat truck loaded body same as 5th wheel loaded.)

Trailer: Solve as tractor in example.

DOUBLE BOTTOMS COMBINATION

Tractor and Semi-Trailer: Solve as previously described in example.

Trailer: Solve as tractor in example.





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

DIPLOMADO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE

MODULO III: INGENIERIA DEL TRANSPORTE

LA TECNOLOGIA DEL TRANSPORTE

EXPOSITOR: M. EN C. ANGEL MOLINERO MOLINERO

1997

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

[Heavily obscured and illegible text]

LA TECNOLOGIA DEL TRANSPORTE¹

¹ Ing. Angel R. Molinero Molinero e Ignacio Sánchez Arellano. "Transporte Público. Planeación, Diseño, Operación y Administración" Libro en prensa. 1996

Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración

Angel R Molinero Molinero
Urbanismo y Sistemas de Transporte SA de CV
Universidad Autónoma del Estado de México

Ignacio Sánchez Arellano
Universidad Autónoma del Estado de México

Supervisión de producción y editorial: Informática Arbos, S.C.

D.R. © Angel R. Molinero Molinero, Ignacio Sánchez Arellano, 1996
Av. Revolución 2042-2; 01090 México, D.F.

ISBN

Reservados todos los derechos.
No se puede reproducir ninguna parte de este documento,
de ninguna manera o por cualquier medio, sin el permiso
previo de los autores.

Impreso y hecho en México

Contenido

2.	Medios de Transporte Urbano	7
2.1	Características de los medios de transporte	8
2.1.1	Tipo de derecho de vía	9
2.1.2	Tipo de tecnología utilizada	11
2.1.3	Tipo de servicio	12
2.2	Componentes físicos de los sistemas de transporte	14
2.3	Características de los sistemas de transporte	15
2.3.1	Rendimiento o desempeño del sistema	15
2.3.2	Nivel de servicio	16
2.3.3	Impactos	18
2.3.4	Costos	18
2.4	Evolución de la familia de medios de transporte urbano	20
2.4.1	Asentamiento humano	21
2.4.2	Pueblo	23
2.4.3	Ciudades medias	25
2.4.4	Metrópolis	27
2.5	Comparación de los medios de transporte	32
2.6	Requerimientos de un sistema de transporte	35
2.6.1	Requerimientos del usuario	36
2.6.2	Requerimientos del prestatario	37
2.6.3	Requerimientos de la comunidad	38
	REFERENCIAS	39
	PREGUNTAS	40

3.	Transporte Público Urbano	41
3.1	Autobuses y trolebuses	41
3.1.1	Características generales	41
3.1.2	Vehículo	42
3.1.3	Tamaño de autobuses	45
3.1.4	Geometría del movimiento de un autobús	51
3.2	Requerimientos en los vehículos	53
3.2.1	Exterior del vehículo	57
3.2.2	Acceso al vehículo	62
3.2.3	Interior del vehículo	68
3.2.4	Instalaciones	80
3.2.5	Ruido	84
3.3	Transporte férreo	86
3.3.1	Características generales	86
3.3.2	Medios de transportes férreos	87
3.3.3	Tipo de carro	92
3.3.4	Tipo de carrocería	94
3.3.5	Equipo	96
3.3.6	Geometría del vehículo	102
3.3.7	Tamaño del vehículo	105
3.3.8	Factores que determinan las unidades básicas óptimas	107
	REFERENCIAS	108
	PREGUNTAS	109
4.	Infraestructura para la Operación del Transporte Público	111
4.1	Paradas	111
4.1.1	Paradas en la vía pública	114
4.1.1.1	Ubicación de la parada	114
4.1.1.2	Espaciamiento entre paradas	123
4.1.1.3	Diseño de la parada	125
4.1.2	Paradas fuera de la vía pública	128
4.1.2.1	Bahías	128
4.1.2.2	Paraderos	132
4.2	Estaciones y terminales	138
4.2.1	Requerimientos de una estación	138
4.2.2	Elementos de una estación	139
4.2.2.1	Accesos	139
4.2.2.2	Pasillos	141

4.2.2.3	Escaleras	144
4.2.2.4	Elevadores	147
4.2.2.5	Vestibulo	149
4.2.2.6	Andenes	152
4.3	Infraestructura vial aplicada al transporte público	158
4.3.1	Operación en tránsito mixto	158
4.3.2	Elementos de un trato preferencial	159
4.3.3	Carriles reservados	164
4.3.3.1	Carriles exclusivos laterales	165
4.3.3.2	Carriles laterales a contraflujo	167
4.3.3.3	Carriles exclusivos centrales	169
4.3.3.4	Calles exclusivas	170
4.3.4	Trato preferencial en intersecciones	171
4.3.5	Convoyes de autobuses	174
4.4	Infraestructura para el mantenimiento	177
4.4.1	Parámetros de dimensionamiento	181
4.4.2	Areas de un garaje	182
4.4.2.1	Area de estacionamiento	184
4.4.2.2	Area de mantenimiento	189
4.4.2.3	Areas de oficinas, de recreación y de operación	200
4.4.2.4	Superficie total de un garaje	200
4.4.2.5	Areas consideradas	202
	REFERENCIAS	204
	PREGUNTAS	206

2.

Medios de Transporte Urbano

Este capítulo presenta las clasificaciones de conceptos y definiciones de los términos utilizados en el transporte urbano de pasajeros. Los medios de transporte urbano de pasajeros pueden ser definidos de varias formas, siendo éstos interdependientes entre sí. Así por ejemplo, un medio puede ser clasificado en función de la tecnología utilizada -únicamente- aun cuando también se tomen en cuenta las características del derecho de vía y su tipo de operación.

A continuación se presentarán las clasificaciones del transporte urbano de pasajeros, incluyéndose dentro de estas las clasificaciones básicas y la definición de los componentes físicos del sistema. Los diferentes medios de transporte urbano pueden ser clasificados por el tipo de servicio que prestan o por el volumen de viajes que manejan. Atendiendo a la primera forma de clasificación se tienen tres tipos de medios de transporte:

Transporte privado, el cual se presta en vehículos operados por el dueño de la unidad, circulando en la vialidad proporcionada, operada y mantenida por el Estado. Entre estos medios de transporte se encuentran: el automóvil, la bicicleta, la motocicleta y el peatón. Asimismo, en algunas comunidades rurales podemos citar el uso de vehículos de tracción animal o el animal mismo.

Transporte de alquiler, el cual puede ser utilizado por cualquier persona que pague una tarifa en vehículos proporcionados por un operador, chofer o empleado ajustándose a los deseos de movilidad del usuario. Entre estos servicios se encuentran los taxis, los servicios de respuesta a la demanda y en algunos casos los servicios de colectivos.

8 Medios de Transporte Urbano

Transporte público, los cuales son sistemas de transportación que operan con ruta fijas y horarios predeterminados y que pueden ser utilizados por cualquier persona a cambio del pago de una tarifa previamente establecida.

Estas dos últimas modalidades son las que integran el transporte público urbano.

El Cuadro 2.1 presenta la clasificación por tipo de servicio, observándose que las características de la disponibilidad, la provisión del servicio, la determinación de la ruta y el horario de servicio y la relación precio-costos tiende a particularizarse en el individuo en el caso del transporte privado y a colectivizarse o depender de otros individuos conforme se hace público el servicio.

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE SERVICIO		
	Privado	De alquiler	Público
Disponibilidad	usuario	público	público
Proveedor	usuario	chofer	transportista
Determinación de ruta	usuario (flexible)	usuario-chofer	chofer (fija)
Determinación de horario de uso/servicio	usuario (flexible)	usuario-chofer	chofer (fija)
precio/costo	lo absona el usuario	tarifa-fija	tarifa-fija
Por volumen	Individual	Por grupo	
	automóvil	taxi	minibus
	bicicleta	automóvil remado	autobus, trolebús
	motocicleta		transporte superficial
	peatón		tren ligero
			metro
			tren regional
			transporte especial zaco

Cuadro 2.1.
Clasificación del transporte urbano por tipo de servicio.

Por otra parte, el transporte urbano puede clasificarse según el volumen de viajes que maneja, pudiéndose hablar de transporte individual cuando un vehículo sirve a una persona o un grupo organizado de usuarios que viajan a un mismo destino, o bien de transporte en grupos cuando traslada a personas sin ninguna relación entre sí y con destinos diferentes.

2.1 Características de los medios de transporte

Las diferencias que existen entre un medio de transporte y otro se pueden establecer a partir de tres características principales, las cuales se describen a continuación:

2.1.1 Tipo de derecho de vía

Dentro del presente texto se entiende como derecho de vía la porción de vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan las unidades de transporte, incluyendo el peatón. Estos derechos de vía pueden presentarse en tres variantes diferentes [1], pudiendo a lo largo del trazo de la vialidad presentar uno o varios tipos de derechos de vía, siendo éstos:

- *Derecho de vía tipo C*, el cual representa la vialidad en la que su superficie de rodamiento es compartida entre varios medios de transporte. Es decir, opera con tránsito mixto. Esta operación puede incluir tratos preferenciales en todo a algunas partes de su desarrollo. Ejemplos típicos son las vialidades de cualquier ciudad, incluyendo aquellas calles por donde se tienen acciones de preferencia hacia el transporte público, como lo pueden ser los ejes viales de la Ciudad de México. La Figura 2.1 muestra un ejemplo.



Figura 2.1.
Derecho de vía tipo C (Burgos, España)



Figura 2.2.
Derecho de vía tipo B (Guadalajara, México).

- *Derecho de vía tipo B*, el cual muestra una separación física longitudinal a través de elementos fijos, tales como barreras o guarniciones. Sin embargo, se mantienen los cruces a nivel con otros vehículos así como con los peatones. Como ejemplo notable se encuentran las vialidades dedicadas al transporte público en la ciudad Curitiba en Brasil, o el tren ligero en las ciudades de Guadalajara y México, tal y como se muestra en la Figura 2.2.
- *Derecho de vía tipo A*, el cual muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía, lo que evita cualquier interferencia entre vehículos y peatones. Este tipo de solución puede ser subterránea, elevada o a nivel y los casos más representativos son los sistemas de metro que existen en muchas ciudades, las autopistas urbanas para el caso del transporte privado y los sistemas de autobuses guiados de algunas ciudades (Adelaide en Australia y Essen en Alemania, por ejemplo) y que quedan ejemplificados en la Figura 2.3.



Figura 2.3.
Derecho de vía tipo A (Ciudad de México, México)

2.1.2 Tipo de tecnología utilizada

La tecnología se relaciona directamente con dos aspectos principales: las características mecánicas de las unidades de transporte y las características del camino mismo. En algunos caso estas dos características están relacionadas entre sí y se tienen cuatro componentes principales a considerar [1]:

- *Soporte*, el cual es el contacto vertical entre la unidad de transporte y la superficie de rodamiento sobre la que se transfiere el peso mismo del vehículo. Ejemplos típicos de este soporte lo dan los neumáticos sobre el asfalto o concreto; la rueda de acero sobre el riel; el colchón de aire o bien; el soporte magnético.
- *Guía*, la cual se refiere a la forma que permite controlar al vehículo en sus movimientos laterales, presentándose dos tipos fundamentales: los sistemas que son dirigidos desde el vehículo a través de un volante, como es el caso de un autobús, trolebús o automóvil o aquellos siste-

12 Medios de Transporte Urbano

mas que su control lateral viene dado por las guías o rieles con que cuentan como es el caso de un tren ligero, metro o autobús guiado. Una característica importante de la tecnología basada en el riel es que el conjunto rueda-riel permite combinar tanto el soporte como la guía de la unidad de transporte.

- **Propulsión**, la cual se refiere al tipo de unidad motriz con que cuenta el vehículo así como el método de transferir las fuerzas de aceleración y desaceleración. Como tipo de unidad motriz se pueden citar los motores de combustión interna o los motores eléctricos, mientras que los métodos de transferencia de las fuerzas tractivas puede ser a través de la fricción-adhesión, la magnética o por hélice.
- **Control**, la cual es la forma que permite regular los movimientos de las unidades de transporte que operan en un sistema, pudiendo ser manual-visual (operación de un automóvil); manual-señal (operación del tren ligero) o bien; completamente automático (operación del metro).

2.1.3 Tipo de servicio

El concepto de tipo de servicio se refiere básicamente a los tipos de rutas que se presentan en el sistema y a la forma y horario en que opera el sistema de transporte. Así se tiene que:

- **Tipo de ruta**, las cuales pueden ser de *frecuencia intensiva* cuando se presta servicios de baja velocidad con altas densidades de viajes dentro de pequeñas áreas, como lo son los servicios de transporte en aeropuertos, los servicios especiales en los centros históricos. Asimismo, se tienen las *rutas de transporte urbano*, las cuales son las que cubren el servicio en una ciudad y, finalmente, las *rutas de transporte regional o suburbanas* que permiten obtener altas velocidades con pocas paradas a lo largo del trayecto y sirviendo a viajes de cierta longitud dentro de un área metropolitana.
- **Tipo de operación**, la cual se puede clasificar en: *servicios locales* el cual se presta haciendo uso extensivo de todas las paradas a lo largo de la ruta; *servicio de paradas alternadas*, el cual busca alternar el servicio en las paradas a lo largo de una ruta con el fin de acelerar la prestación misma del servicio y; el *servicio expreso* en que se busca lograr velocidades comerciales altas mediante el espaciamiento de las paradas por arriba del promedio del sistema.

- *Hora de operación*, se puede clasificar a su vez en: *horario regular*, en el que se encuentran la mayoría de las rutas que conforman el sistema de transporte básico; *horario pico*, el cual se compone por rutas operadas durante las horas de máxima demanda, siendo generalmente radiales de la periferia al centro histórico y operando exclusivamente durante días hábiles. Finalmente, los *servicios especiales* que operan durante eventos, en casos de emergencia o bien, como servicios de transporte contratados exprofeso para un determinado viaje (por ejemplo, servicios escolares, turísticos o a maquiladoras).

A partir de estas características se clasifican a los medios de transporte y se consideran diferentes si difieren substancialmente en una o mas de las tres características anteriores. Así por ejemplo, un trolebús y un autobús son medios de transporte urbano diferentes puesto que difieren en su tecnología, pero no existe una diferencia entre un autobús regular, un minibús y un articulado si los tres operan bajo las mismas condiciones.

A su vez, si comparamos la tecnología, y en especial su forma de guía, con el tipo de derecho de vía en que opera encontramos que los sistemas de transporte mejoran conforme pasamos de un derecho de vía a otro a la vez de presentarse la necesidad de establecer una tecnología guiada. El Cuadro 2.2 muestra esta situación. Esto nos lleva a reclasificar nuevamente a los medios de transporte en cuatro clases genéricas, basando la misma en el derecho de vía en el que opera. Así se tiene que:

- *Transporte de superficie*, compuesto por aquellos medios de transporte que operan en calles con tránsito mixto. Ejemplo: autos y autobuses.

TECNOLOGÍA (GUIA) DERECHO DE VIA	Libre	Semiguiado	Guiado	Especializado
C	de alquiler autobús	trolebús	tranvía	ferrys chalanas
B	autobús	autobús guiado trolebús guiado	tren ligero tren regional	funicular
A	autopista urbana	trolebús en túnel O-Bahn	metro	teleférico

Cuadro 2.2.
Clasificación en función de la tecnología y del derecho de vía.

14 Medios de Transporte Urbano

- *Transporte semiconfinado*, el cual está compuesto por aquellos medios de transporte que operan en vialidades reservadas pero que presentan cruces en sus intersecciones.
- *Transporte confinado*, el cual está representado por aquellos medios de transporte que operan con un derecho de vía exclusivo, segregado completamente de otras unidades de transporte y presentan altos rendimientos. Ejemplo: metro.
- *Transportes especializados*, los cuales presentan consideraciones especiales en cuanto a su derecho de vía, a su tecnología o a su forma de operar, encontrándose entre estos los funiculares, teleféricos y ferrys, entre otros.

2.2 Componentes físicos de los sistemas de transporte

Un sistema de transporte se compone principalmente de tres elementos físicos, siendo éstos:

- *Vehículo*. Son las unidades de transporte y normalmente su conjunto se describe como *parque vehicular* en el caso de autobuses y trolebuses y de *equipo rodante* para el caso del transporte férreo. Dentro del texto se hablará de *unidad de transporte* cuando se componga de un solo vehículo o un agrupamiento de vehículos que formen un tren y operen conjuntamente como uno solo.
- *Infraestructura*. Está compuesta por los derechos de vía en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y/o estaciones –ya sean éstas terminales, de transbordo o normales– los garages, depósitos, encierros o patios, los talleres de mantenimiento y reparación, los sistemas de control –tanto de detección del vehículo como de comunicación y de señalización– y los sistemas de suministro de energía.
- *Red de transporte*. Está compuesta por las rutas de autobuses, los ramales de los sistemas de colectivos y minibuses y las líneas de trolebuses, tren ligero y metro que operan en una ciudad. La diferencia existente entre ruta y línea se muestra en la Figura 2.4.

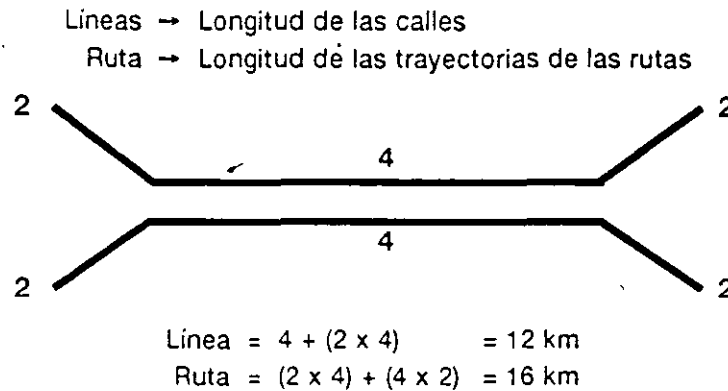


Figura 2.4.
Diferencia entre ruta y línea.

2.3 Características de los sistemas de transporte

Se debe distinguir entre lo que es la operación del transporte y el servicio de transporte. En el primer caso, se entiende por *operación del transporte* el punto de vista del prestatario de transporte en el que se incluye el establecimiento de horarios, la asignación de jornadas de trabajo o roles, la supervisión y operación diaria de las unidades de transporte, la recolección de las tarifas y el mantenimiento mismo del sistema. Por otra parte, se entiende por *servicio de transporte* la forma en que el usuario cautivo, eventual y potencial ve el transporte e integra conceptos tales como la calidad y cantidad del servicio, la información que se le proporciona, entre otros aspectos.

Se conciben cuatro características que permiten distinguir y comparar diferentes sistemas de transporte entre sí y el paquete seleccionado será aquél que muestre una mejor combinación de estas características, las cuales son:

2.3.1 Rendimiento o desempeño del sistema

Por esta característica se entiende la forma en que se desarrolla el sistema de transporte y está definido su desempeño por varios conceptos, entre los que se encuentran:

- la cantidad de unidades que prestan el servicio de transporte durante un periodo de tiempo o *frecuencia de servicio*;

16 Medios de Transporte Urbano

- la velocidad de viaje que experimentan los usuarios a bordo de una unidad o *velocidad de operación*;
- el porcentaje de llegadas a tiempo dentro de un margen aceptable o *confiabilidad del servicio*;
- la uniformidad de salidas de las unidades de transporte o *regularidad del servicio*;
- la *seguridad* del sistema en función del número de accidentes por año o kilómetro;
- el número máximo de espacios (capacidad ofrecida) o usuarios (capacidad utilizada) que las unidades de transporte pueden llevar a través de un punto durante un determinado periodo de tiempo o *capacidad de línea*;
- el producto de la velocidad de operación y la capacidad de línea, el cual integra un elemento básico que afecta al usuario (la velocidad) y otro que afecta al operador (la capacidad) y que permite comparar diversos medios de transporte o *capacidad productiva*;
- la *productividad*, la cual relaciona la cantidad producida y su unidad de insumo, como puede ser los vehículos-km entre una unidad de trabajo o una unidad de costo;
- la *utilización* de un sistema, en la cual se relaciona la producción y el insumo pero con unidades iguales o similares, como lo pueden ser persona-km entre espacio-km.

2.3.2 Nivel de servicio

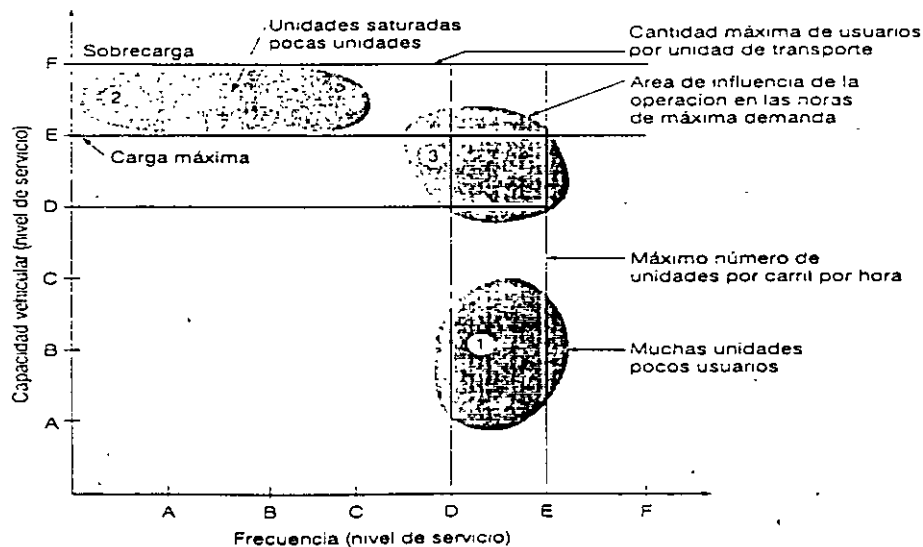
Esta categoría es una medida general que integra a todas las características del servicio de transporte que afectan al usuario. Este concepto es por mucho más complejo que el utilizado en el caso de las vialidades ya que incluye aspectos del desempeño que afectan al usuario como lo son los relativos a la velocidad de operación, a la confiabilidad y a la seguridad del sistema.

A su vez, aspectos referentes a la calidad del servicio –en gran parte cualitativos– tales como: la cobertura adecuada de la red, la limpieza y estética de las unidades, los itinerarios convenientes y publicados, los vehículos adecuados y la presencia de servicios rápidos, frecuentes y confiables son aspectos que permiten lograr mejores niveles de servicio. Se debe tener presente que la velocidad se encuentra influenciada no solamente por el número de usuarios que utilizan una ruta de transporte sino en un mayor grado por la frecuencia de paradas y tiempos de abordaje, las interferencias del tránsito y el diseño y confinamiento

del derecho de vía. Finalmente, otro aspecto que indirectamente afecta el nivel de servicio que se presta es el nivel tarifario que se presenta en el sistema.

Desde un punto de vista de la capacidad existen dos aspectos relativos al nivel de servicio que deben considerarse: uno es el número de pasajeros por unidad de transporte y el otro es el número de vehículos por hora, los cuales deben ser reflejados por los criterios relacionados de la capacidad con los niveles de servicio. La Figura 2.5 muestra la naturaleza bidimensional del problema de la capacidad del transporte público urbano. De esta figura se puede observar que se pueden operar muchas unidades, cada una de ellas transportando pocos pasajeros [2].

Desde el enfoque de la capacidad vial, el número de vehículos puede estar cercanos a la capacidad de la vía, aun cuando operaran casi vacíos. Por otra parte, unas cuantas unidades pueden ir saturadas [2], lo que representa un nivel de servicio bajo desde el punto de vista de la comodidad del usuario. A su vez, los tiempos de espera demasiado largos pueden afectar el nivel de servicio esperado. Finalmente, el nivel de servicio para el diseño de los transportes públicos se ubica en el punto donde se operan un gran número de unidades cada una de ellas con niveles de carga cercanos a la saturación [3].



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

Figura 2.5. Naturaleza bidimensional de los niveles de servicio de transporte público.

2.3.3 Impactos

Los impactos de un sistema de transporte son los efectos que el servicio de transporte tiene en su entorno y dentro del área de servicio que cubre. Estos impactos pueden ser a corto plazo como lo son la reducción del congestionamiento de las vialidades, los cambios en la emisión de contaminantes o en los niveles de ruido o en la estética misma de las unidades de transporte. A su vez, pueden ser impactos de largo plazo cuando afectan el valor del suelo o promueven el cambio en las actividades económicas o urbanas así como la forma física de una ciudad. Su impacto puede darse a su vez en el medio social.

El Cuadro 2.3 muestra una aproximación general de los impactos ambientales (emisiones, ruido, visual y seguridad) que generan diferentes tipos de sistemas de transporte.

MEDIO DE TRANSPORTE	CONTAMINACION DEL AIRE	RUIDO	IMPACTO VISUAL	SEGURIDAD
Autobús en tránsito mixto (C)	mala	regular	buena	regular
Autobús en carriles preferenciales (B)	regular	regular	buena	regular
Autobús en carriles exclusivos (A)	buena	buena	buena	buena
Tranvía	excelente	regular	regular	regular
Tren ligero	excelente	regular	regular	buena
Metro superficial	excelente	mala	mala	mala
Metro elevado	excelente	mala	mala	excelente
Metro subterráneo	excelente	excelente	excelente	excelente

Fuente: Alan Armstrong-Wright. *Urban Transit Systems: Guidelines for Examining Options*. Washington: World Bank Technical Paper No. 52, 1986.

Cuadro 2.3.
Impactos producidos por los medios de transporte público.

2.3.4 Costos

En forma general, se presentan los *costos de inversión* o de capital, los cuales se refieren a la construcción o la realización de cambios permanentes en el aspecto físico del sistema y los *costos de operación*, que son los que se deben al funcionamiento diario del sistema.

Estos varían considerablemente entre un sistema de transporte y otro. Así por ejemplo, los costos de operación que predominan en los sistemas de autobuses que operan en tránsito mixto presentan usualmente una relación de 5

a 1 mientras que en el caso de metros los costos de capital predominan con una relación de 1 a 4. Asimismo, los costos de operación se ven afectados por los salarios, energía y materiales los cuales varían considerablemente. Los costos de capital están relacionados íntimamente con las vidas útiles de los vehículos y de la infraestructura, pudiendo ir de 7 a 15 años para autobuses; hasta 30 años para el material rodante y 100 años para túneles.

Estas variaciones y diferencias deben ser consideradas al calcular costos comparativos. La relación costo-efectividad de los distintos sistemas puede ser comparada al expresar los costos totales en términos de pasajeros-kilómetros.

Al realizar un análisis de los costos de transporte es importante tener en mente los siguientes aspectos [3]:

- *Reflejar en el análisis la operación que se viene dando.* Este análisis debe reflejar los resultados recientes de la operación, incluyendo la experiencia que se tenga en materia de costos y las tendencias operacionales asociadas de la empresa.
- *Anticipar las formas futuras en que operará el sistema.* Este debe cubrir la totalidad en las preocupaciones administrativas en el proceso de elaboración del presupuesto de la empresa, considerando aquéllos que variarán en el futuro. Como ejemplo, se tiene: la inflación, el *Contrato Colectivo de Trabajo*, las prestaciones, la edad del parque vehicular y de la infraestructura de apoyo, la nueva tecnología, la fuerza de trabajo, entre otros.
- *Apuntar todas las responsabilidades funcionales de la empresa o dependencia de transporte.* Muchas empresas de transporte y en especial las operadas por el Estado, no son responsables por el personal o la asignación de recursos de todas las funciones que se requieren en la operación y en la inversión.
- *Enfocarse en los componentes de costo principales.* El nivel de precisión debe ser consistente con la importancia relativa de cada área funcional que se esté analizando. En este sentido, entre algunas de las variables que deben ser estudiadas están: parque vehicular en la hora de máxima demanda, horas de servicio pagadas, vehículo-kilómetros, número de instalaciones de mantenimiento, entre otros.
- *Utilizar información consistente sobre el nivel de servicio.* Las estadísticas que se utilicen deben ser consistentes con los supuestos de análisis de demanda y con los itinerarios programados.
- *Utilizar la experiencia de otras empresas.* Estos análisis deben reflejar la experiencia combinada de los análisis de ingeniería y planeación así

como el sentido común y la experiencia de otros sistemas operativos en otras empresas.

- *Utilizar información fácilmente obtenible.*
- *Ofrecer información de costos perfectamente etiquetada a la cantidad de servicio ofrecido para su uso en un análisis de costo-efectividad.* Este tipo de análisis se basa en el supuesto de que en el largo plazo los diferentes costos administrativos e indirectos están relacionados directamente con la cantidad de servicio ofrecido.
- *Estructurar el análisis de sensibilidad.* Se debe efectuar un análisis de sensibilidad con el fin de considerar la incertidumbre en el componente de costos. Este análisis debe establecer los límites superior e inferior de los costos variando los valores de los siguientes componentes: inflación, productividad laboral y consumo de combustible.

2.4 Evolución de la familia de medios de transporte urbano

El objetivo primordial de esta sección es comprender las características inherentes que los medios de transporte presentan. Para ello es necesario liberarse de una serie de factores que distorsionan la utilización óptima de los medios de transporte. Entre estos factores se encuentran: los costos, las inversiones, las políticas y estrategias que favorecen un medio de transporte; las prácticas operativas que se siguen y las condiciones locales que afectan directa o indirectamente el uso de un medio de transporte.

Es por ello necesario establecer un modelo teórico [1] de desarrollo ideal del transporte que considera un área urbana dinámica, la cual cambia a lo largo del tiempo tanto en su densidad como espacialmente. Esto trae como resultado un análisis de las condiciones óptimas de operación de los medios de transporte en base a cuatro períodos de crecimiento de las ciudades. Inicialmente se parte de un asentamiento humano (ranchería, villa) hasta llegar a una gran metrópoli. Asimismo, se muestra el rango completo de requerimientos y se define sistemáticamente la secuencia deseable de aplicación de los distintos medios de transporte. Por ende, se incluye el espectro completo de capacidades y niveles de rendimiento ya que éstos requerimientos varían a lo largo de cada una de las etapas evolutivas pasando de una población de baja densidad con viajes dispersos a una población de alta densidad con viajes concentrados a lo largo de un determinado número de arterias y zonas.

El Cuadro 2.4 muestra los cuatro períodos de crecimiento así como las poblaciones consideradas para cada período de tres regiones: México, Estados Unidos y Europa. Naturalmente, los tamaños poblacionales no están definidos en forma precisa y solamente sirven de referencia a partir de características similares de transporte que se presentan en estas tres regiones. Asimismo, la denominación utilizada para definir a las poblaciones solo pretende diferenciar distintos grupos poblacionales.

2.4.1 Asentamiento humano

El primer período de crecimiento considera un asentamiento humano formado por una serie de casas habitacionales, alguna industria manufacturera de

PERIODO DE CRECIMIENTO	ESQUEMA	MEXICO (hab)	EUROPA (hab)	ESTADOS UNIDOS (hab)
ASENTAMIENTO HUMANO		100,000	50,000	100,000
PUEBLO		100,000 A 1,000,000	300,000	100,000 A 500,000
CIUDAD DE MEDIANO TAMAÑO		1,000,000 A 5,000,000	3,000,000 A 1,300,000	500,000 A 2,000,000
GRAN METROPOLI		MAS DE 5,000,000	MAS DE 1,300,000	MAS DE 2,000,000

Calle local
 Arteria
 Calle exclusiva transporte público
 metro

Cuadro 2.4.
Períodos de crecimiento y su comparación.

pequeña escala y otras construcciones de poca relevancia. Todas estas construcciones están conectadas, en el mejor de los casos, por calles de sección reducida. En este asentamiento la mayoría de los viajes son cortos y generalmente se realizan caminando.

Primer paso: Peatón

Conforme el asentamiento crece, se vuelve tedioso, incómodo y cansado el recorrer a pie las distancias que separan una actividad de otra. Esto hace que aparezcan las primeras unidades de transporte, las cuales pertenecen a la persona que invierte cierto capital en su compra. Con ello, el propietario del vehículo obtiene una mayor movilidad y le permite utilizarlo cuando y donde desee. Dentro de esta categoría se encuentran el caballo, la carreta, la bicicleta, la motocicleta y el automóvil, principalmente

Segundo paso: Unidad de transporte privada

La unidad de transporte privada (generalmente el automóvil) plenamente satisface las necesidades de transportación del asentamiento humano ya que presenta las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

- + provee un servicio de transporte en el momento y hacia donde se quiera
- + el servicio es cómodo
- + el servicio es aceptablemente barato
- la disponibilidad se limita únicamente a quien lo compra
- lo utilizan aquéllas personas que saben o pueden conducir así como sus acompañantes.

En base a las características arriba mencionadas, es posible mejorar el sistema de transporte si se provee algún tipo de servicio que permita transportar a aquéllos que no disponen de vehículo privado o que legal o físicamente se ven impedidos para conducirlo. Además aparece el interés por comercializar la actividad de transporte. Así, inicialmente se crea la unidad de transporte, operada por un chofer, el cual está obligado a transportar a cualquier usuario a un determinado costo. Se incluyen dentro de estas categorías las calandrias, las rickshas, los triciclos y los taxis, entre otros.

Tercer paso: Unidad de transporte de alquiler

Tanto el vehículo privado como el transporte de alquiler son las formas ideales para proporcionar movilidad a los asentamientos humanos pequeños y de baja densidad siendo el automóvil y el taxi, respectivamente, los que se utilizan mayormente en nuestro medio.

2.4.2 Pueblo

El asentamiento humano antes referido continúa su crecimiento en extensión, en población y en vehículos, especialmente motorizados. Esto induce al momento en que aparecen los primeros congestionamientos, fundamentalmente en las calles en donde se empieza a concentrar la actividad comercial. En consecuencia, se tienen que buscar soluciones que permitan incrementar la capacidad de movimiento. Las dos soluciones que se presentan son: (1) el ensanchamiento de las calles más afectadas por el congestionamiento o bien; (2) el uso de unidades de transporte con mayor capacidad.

La Figura 2.6 ilustra los efectos que produce el ensanchamiento de calles. Si se observa la primera curva se nota que conforme el volumen de vehículos aumenta, el costo por viaje se reduce hasta cierto punto (A) donde ya no es posible obtener mayores ahorros. Este costo por viaje se mantiene por un tiempo (segmento A-B) hasta que llega a un punto crítico, de inflexión, en donde se satura la capacidad de la vía o intersección (congestionamiento). A partir de este punto un pequeño incremento en el volumen, incrementa considerablemente el costo por viaje (segmento B-C). Al ensanchar la calle se logra extender la tendencia a la reducción del costo por viaje (segmento A-D) hasta que se vuelve a presentar la falta de capacidad (punto D) y en consecuencia, la situación ya descrita.

En suma, con el ensanchamiento de calles se logra reducir los costos sociales a los que se incurren debido al congestionamiento, a los impactos negativos y a los accidentes. La construcción de calles o caminos de mayor capacidad presenta las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

- + un mejor nivel de servicio
- + menores costos de transportación
- + un estímulo al crecimiento urbano
- mayores requerimientos de inversión

- mayores impactos al medio ambiente debido al ensanchamiento de calles y a la construcción de instalaciones de almacenaje de las unidades de transporte privadas (estacionamiento)

Cuarto paso: Ensanchamiento de calles

Si por el contrario, se decide utilizar unidades de transporte con mayor capacidad, entonces se inicia el servicio de transporte público propiamente dicho. Así, la mejor solución para volúmenes de pasajeros pequeños (600 a 2000 pasajeros por hora) es utilizar unidades de transporte de capacidad media con la que se preste un servicio que siga en lo posible los deseos del usuario, con frecuencias razonables y costos moderados. Dentro de esta categoría se incluyen los taxis colectivos y el minibus.

Si los volúmenes de pasajeros son grandes (2,000 a 12,000 pasajeros por hora) la mejor opción es utilizar unidades de transporte de alta capacidad. Como resultado de esta acción se vuelve imperativo establecer rutas fijas que

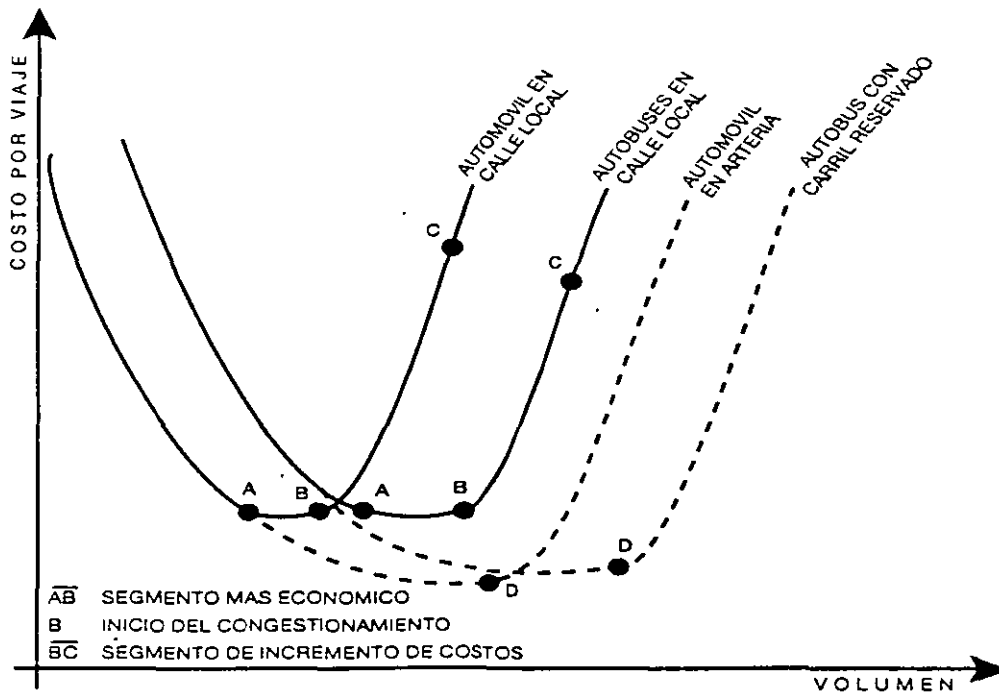


Figura 2.6. Efectos en el congestionamiento debido al ensanchamiento de la vialidad.

cubran el área urbana y ubicar adecuadamente las paradas a determinada distancia una de otra (300 a 600 m) logrando con estas dos medidas, servir a un mayor número de personas y con un mejor nivel de servicio. El autobús y el trolebús ya sean regulares o articulados entran bajo esta categoría.

Con la introducción de un servicio de transporte público urbano se logran los siguientes cambios:

- + se logra una transportación más barata para todos los habitantes que viven dentro del área en que se presenta el servicio.
- + se obtiene un servicio sencillo y programado en toda la red de transporte.
- + se fomenta un incremento en la capacidad de las calles al haber un cambio del vehículo privado al transporte público, lo cual se traduce en un mejor nivel de servicio.
- + se reduce el congestionamiento así como, los impactos negativos.
- se puede presentar el problema de subsidios.

Asimismo, las ventajas (+) y desventajas (-) que se presentan con el cambio de un servicio de transportación que utiliza minibuses o taxis colectivos a un servicio que utiliza autobuses son las siguientes:

- + mayor capacidad de transportación
- + menor costo por unidad de capacidad, debido principalmente a una mayor productividad laboral
- + mayor comodidad
- menor frecuencia para una determinada demanda

Quinto paso: Minibús-taxi colectivo
Autobús-trolebús

2.4.3 Ciudades medias

Dentro del modelo en desarrollo, el pueblo continúa su crecimiento y pasa a ser una ciudad en donde la saturación de sus calles y avenidas se vuelve a presentar con la consecuente reducción del nivel de servicio. La solución radica en el establecimiento de derechos de vía que separen a los distintos medios de transporte mediante algún tipo de barreras físicas (camellón, guarnición, etc.) pero permitiendo los cruces a nivel. Con ello se logra un flujo estable,

evitándose las fricciones entre los distintos medios de transporte (peatón, automóvil, autobús).

Al considerar como factible esta solución aparece una interrogante: ¿a qué medio se le debe proporcionar inicialmente esta prioridad: al transporte privado o al transporte público? Como el transporte público (taxi, colectivo, minibús, autobús, trolebús) puede transportar de 5 a 50 veces más pasajeros que el automóvil y la estrategia fundamental a seguir es la de mover personas y no vehículos muchas ciudades han adoptado primeramente el derecho de vía confinado longitudinalmente para el transporte público. Esta separación de los medios de transporte trae como consecuencias:

- + la mejora del nivel de servicio y del rendimiento del sistema
- + la atracción de un número mayor de pasajeros
- + el establecimiento de una identidad e imagen más fuerte del sistema
- + la reducción de los costos unitarios de operación
- + la introducción de un mayor impacto en el uso del suelo y en la forma urbana debido a la permanencia que presenta
- = la modificación en las condiciones del tránsito, dependiendo si el derecho de vía para el transporte público se encuentra dentro o fuera de las calles existentes
- la necesidad de espacio extra
- el requerimiento de un costo de inversión y tiempo para su construcción.

Es importante enfatizar que un derecho de vía confinado longitudinalmente trae importantes incrementos a la velocidad de operación y a la confiabilidad del sistema. Únicamente de esta forma se puede lograr que el transporte público sea competitivo con el transporte privado.

Sexto paso: Separación de los medios de transporte

Una vez que el transporte público se encuentra segregado de otros medios de transporte entonces es cuando las ventajas que presenta la tecnología guiada empiezan a ser relevantes. Así, si se comparan los medios de transporte de tecnología guiada con los de tecnología conducida (o manejada), los primeros presentan las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

- + se obtiene una mayor capacidad y productividad debido a la operación de trenes (es decir, dos o más vehículos acoplados).

- + se logra un menor costo de operación por unidad de capacidad ofrecida
- + se cuenta con la posibilidad de tracción eléctrica
- + se presenta una mayor seguridad y confiabilidad en el sistema
- + se reduce la sección transversal del derecho de vía
- + se facilita la operación en túneles, viaductos y parques sin ocasionar un daño ambiental significativo
- se dificulta su compatibilidad con otros medios de transporte en calles con tránsito mixto.
- se ve limitado a la red de vías con que cuenta, lo cual hace que no sea económicamente factible en líneas de gran longitud que cubran exclusivamente áreas de baja densidad de población.
- se tiene una menor flexibilidad en cuanto a su operación
- se hace necesaria una mayor inversión

Se dice que se cuenta con un tren ligero cuando se establece un servicio de transporte público férreo que tenga alguna porción de su recorrido con un derecho de vía separado y que se proporcione por algún tipo de tecnología guiada.

Séptimo paso: Transporte guiado

2.4.4 **Metrópolis**

La ciudad de mediano tamaño continúa su desarrollo y pasa a ser una ciudad con grandes volúmenes de viajes en muchos corredores; con una gran diversificación de actividades y un gran espacio territorial. Esto implica que la ciudad requiera de un mayor rendimiento de su sistema de transporte que la que se puede prestar mediante el uso del automóvil en arterias o de la segregación del transporte público y privado. Con ello aparece la necesidad de proveer a la ciudad de sistemas de transporte -tanto privado como público- con un derecho de vía totalmente confinado y controlado.

Si se comparan los derechos de vía completamente controlados (intersecciones a desnivel, elevadas o subterráneas) con aquéllos que presentan una separación longitudinal y los que operan con tránsito mixto, se observan las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

- + se obtiene un mejor rendimiento (mayor capacidad, velocidad y confiabilidad)

- + se logra un nivel de servicio más alto
- + se tienen menores costos de operación
- + se establece una permanencia que definitivamente afecta el uso del suelo
- se requiere una superficie considerablemente mayor (especialmente en el caso de construcción de intersecciones a desnivel)
- se necesitan mayores costos de inversión
- se afecta el tránsito en el corredor durante su construcción

En el caso del transporte privado esta infraestructura es conocida como autopista urbana.

Octavo paso: Construcción de un derecho de vía controlado para el transporte privado (autopista urbana)

La tecnología guiada es siempre superior cuando se utiliza un derecho de vía controlado o exclusivo para el transporte público ya que sus ventajas operacionales y el rendimiento no se ven reducidos debido a su imposibilidad de operar fuera de las guías. Así, si se compara –para el caso del transporte público– un derecho de vía controlado con uno con separación únicamente longitudinal se obtienen las siguientes ventajas (+) desventajas (-):

- + se logra un mayor rendimiento (mayor capacidad, velocidad, confiabilidad y seguridad)
- + se obtiene un mejor nivel de servicio
- + se reducen los costos de operación por unidad de capacidad
- + se establece una imagen e identidad de gran importancia tanto para el sistema como para la ciudad
- + se induce una mayor atracción de pasajeros (como resultado de los tres últimos puntos)
- + se tienen impactos en el uso del suelo mucho mayores, los cuales son predecibles y controlables.
- + se presenta la posibilidad de controlar automáticamente el sistema
- se tiene la necesidad de separar el derecho de vía de cualquier influencia externa (subterráneo, elevado, cruces a desnivel)
- se necesita una gran inversión
- se afecta el tránsito en el corredor durante su construcción
- se ve limitada la extensión de la red

El medio de transporte que está representando con este tipo de derecho de vía es el metro.

Noveno paso: Establecimiento de un derecho de vía controlado para transporte público (metro)

La última mejora importante que se puede presentar dentro del sistema de transporte es la automatización de la operación de trenes. Para su logro es condición indispensable contar con un derecho de vía controlado y alguna de las variantes de la tecnología guiada. Los sistemas férreos se presentan como los mejores candidatos debido a su simplicidad y confiabilidad.

Las ventajas (+) y desventajas (-) que presenta un sistema automatizado en comparación con un sistema operado manualmente son las siguientes:







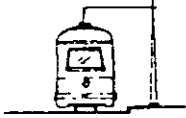



- + se aumenta la frecuencia sin incurrir en un costo adicional
- + se obtiene un menor consumo de energía y desgaste del vehículo debido a la preprogramación de su recorrido.
- + se facilita la recuperación de tiempos perdidos
- + se logran menores costos de operación si los ahorros por concepto de salarios son mayores que los costos que se incurren por la complejidad del sistema
- + se logra una mayor seguridad (al eliminar el error humano)
- se necesita un costo de capital considerablemente mayor
- se tiene una menor confiabilidad del equipo debido a la complejidad técnica que existe
- se requiere una supervisión del equipo automático de vía y una comunicación con el usuario para controlar los casos de emergencia y seguridad.

Actualmente existen algunos servicios de este tipo (transporte automático de grupos) en algunos aeropuertos (Dallas- Fort Worth, Houston, Tampa) así como algunos sistemas de metro convencional que ya operan de esta manera.

Décimo paso: Automatización del transporte público

La Figura 2.7 presenta una síntesis de los diez pasos que se presentan en la evolución de un sistema de transporte urbano así como las características más importantes que afectan el rendimiento del sistema.

30 Medios de Transporte Urbano

PASO	DESCRIPCION	FIGURA	CARACTERISTICAS	SISTEMA EN EL MUNDO REAL
1	PEATON			PEATONES
2	UNIDAD DE TRANSPORTE PRIVADA		<ul style="list-style-type: none"> • VELOCIDAD • COMODIDAD • CONVENIENCIA 	AUTOMOVILES PRIVADOS
3	UNIDAD DE TRANSPORTE DE ALQUILER		<ul style="list-style-type: none"> • SERVICIO PARA TODO PUBLICO 	TAXIS
4	ENSANCHAMIENTO DE CALLES		<ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD • NIVEL DE SERVICIO 	ARTERIAS
5	UNIDAD DE TRANSPORTE PUBLICO		<ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD • COSTO • COMODIDAD 	AUTOBUSES
6	SEPARACION DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE		<ul style="list-style-type: none"> • CONFIABILIDAD • CAPACIDAD • VELOCIDAD DEL TRANSPORTE PUBL 	DERECHO DE VIA PARA EL TRANSPORTE PUBLICO SEPARADO LONGITUDINALMENTE
7	TRANSPORTE GUIADO		<ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD • TRACCION ELECTRICA • COMODIDAD • COSTOS OPERACION 	TREN LIGERO, TRANVIA
8	DERECHO DE VIA CONTROLADO TRANSPORTE PRIVADO		<ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD • VELOCIDAD • SEGURIDAD • CONVENIENCIA 	AUTOPISTA URBANA
9	DERECHO DE VIA CONTROLADO TRANSPORTE PUBLICO		<ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD • VELOCIDAD • CONFIABILIDAD • IMPACTOS AL AREA 	DERECHO DE VIA CONTROLADO, EXCLUSIVO METRO
10	AUTOMATIZACION		<ul style="list-style-type: none"> • FRECUENCIA • COSTOS DE OPERACION • RENDIMIENTOS 	MEDIOS GUIADOS AUTOMATICOS, TRANSPORTE AUTOMATICO DE GRUPOS, METRO

Fuente: Referencia [1].

Figura 2.7.
Síntesis de la evolución del sistema urbano de transporte.

A su vez, la Figura 2.8 muestra los diferentes medios de transporte público urbano relacionándolos con su capacidad de línea.

El proceso de evolución antes explicado muestra que con un incremento en la densidad de viajes cada nuevo paso resulta en:

1. un mayor rendimiento del sistema, incluyendo la capacidad, la velocidad y la calidad del servicio
2. una mayor atracción de viajes
3. una mayor inversión inicial
4. un costo de operación más bajo por unidad de capacidad.

Por otra parte, este proceso no es absoluto debido a los muchos factores que influyen en él. En algunos casos la secuencia puede ser invertida sin que se presenten ineficiencias significativas. Por ejemplo, en muchas ciudades se da el caso de la introducción de tecnologías guiadas (paso 7) antes de establecer una separación de los medios de transporte (paso 6) o bien se pueden introducir los autobuses al sistema de transporte (paso 5) antes de construir arterias (paso 4). Sin embargo, esta secuencia general es válida para la mayoría de las áreas urbanas y cualquier desviación significativa usualmente trae

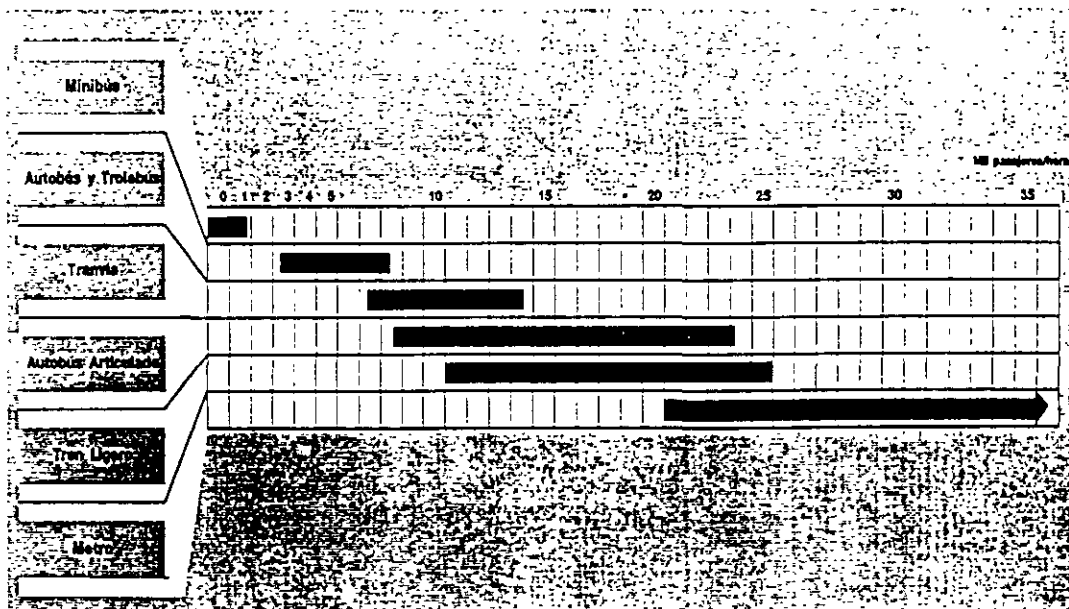


Figura 2.8.
Niveles de capacidad para diferentes tecnologías.

a la luz errores en cuanto a la planeación del sistema de transporte, resultando entonces en ineficiencias. Así por ejemplo, se han ocasionado problemas muy serios en muchas ciudades cuando se han fomentado las autopistas urbanas (paso 8) y se contaba solamente un servicio de transporte público en tránsito mixto (paso 5). Asimismo, el paso 1 –el peatón– es el elemento esencial en cualquier ciudad; desafortunadamente ha sido olvidado al tratar de solucionar el problema del tránsito motorizado (paso 2, 4, 8).

Finalmente, la Figura 2.9 muestra las secuencias que se han presentado en algunas ciudades así como, la secuencia ideal propuesta. En la figura se puede observar las variantes que se ha presentado así como los esfuerzos por corregir situaciones que afectan a la transportación urbana de las ciudades.

2.5 Comparación de los medios de transporte

Si se comparan las frecuencias máximas que pueden ofrecer los medios de transporte urbanos contra la capacidad de la unidad de transporte se observa un decrecimiento de las frecuencias conforme las capacidades de la unidad de transporte se incrementan. Esto se observa claramente en la Figura 2.10 en donde las mayores frecuencias se logran en los automóviles de baja capacidad bajo diferentes condicionantes. Las frecuencias decrecen conforme la ca-

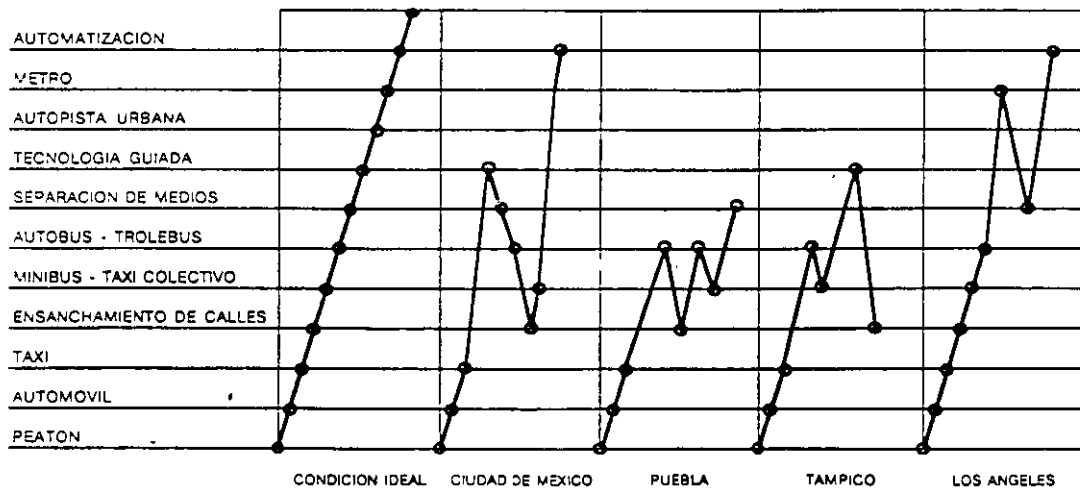
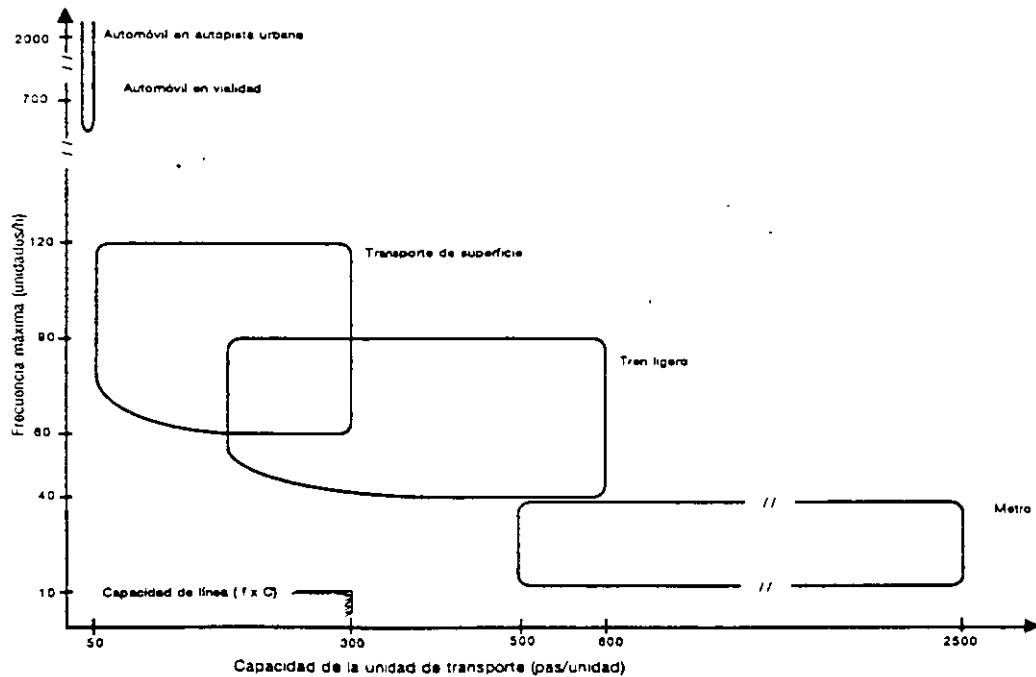


Figura 2.9. Comparación de la evolución en varias ciudades.

pacidad del vehículo crece. El producto de la frecuencia y la capacidad del vehículo o unidad de transporte da como resultado la capacidad de línea.

Por otra parte, si relacionamos la velocidad de operación con la capacidad de línea antes obtenida se tiene el automóvil presenta altas velocidades, pero capacidades de línea bajas. A su vez, las distintas formas de transporte público incrementan su velocidad conforme se incrementa la capacidad de línea, teniéndose el caso de los sistemas de superficie con velocidades bajas y capacidades regulares mientras que los sistemas férreos se obtienen capacidades y velocidades altas. La Figura 2.11 muestra este caso y señala que el producto de la velocidad de operación y la capacidad de línea resulta en la capacidad productiva de cada medio.

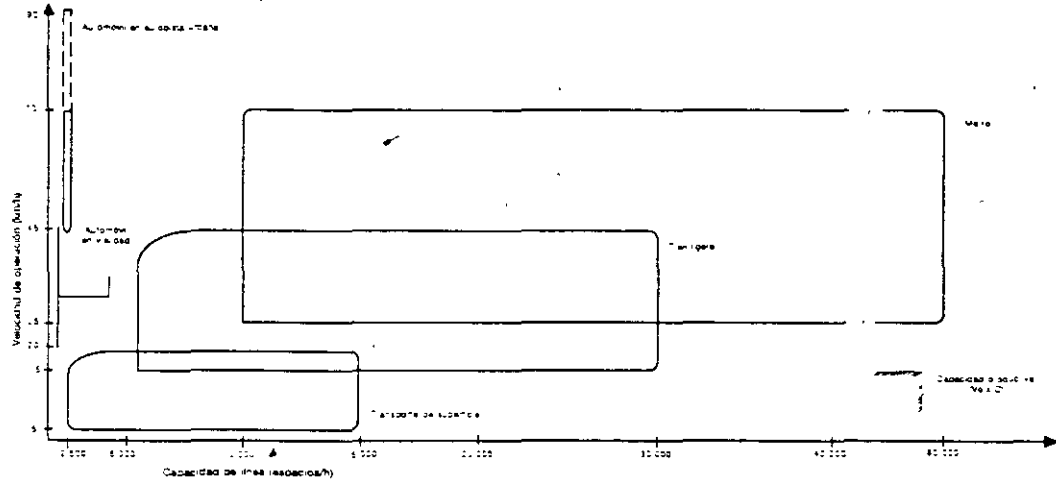
Finalmente, al graficar la capacidad productiva y el costo de inversión por cada par de carriles conforme a la Figura 2.12 se tiene que un mayor rendimiento (mayor capacidad productiva) corresponde a un mayor costo de inversión.



Fuente: Vukan R. Vuchic. *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981.

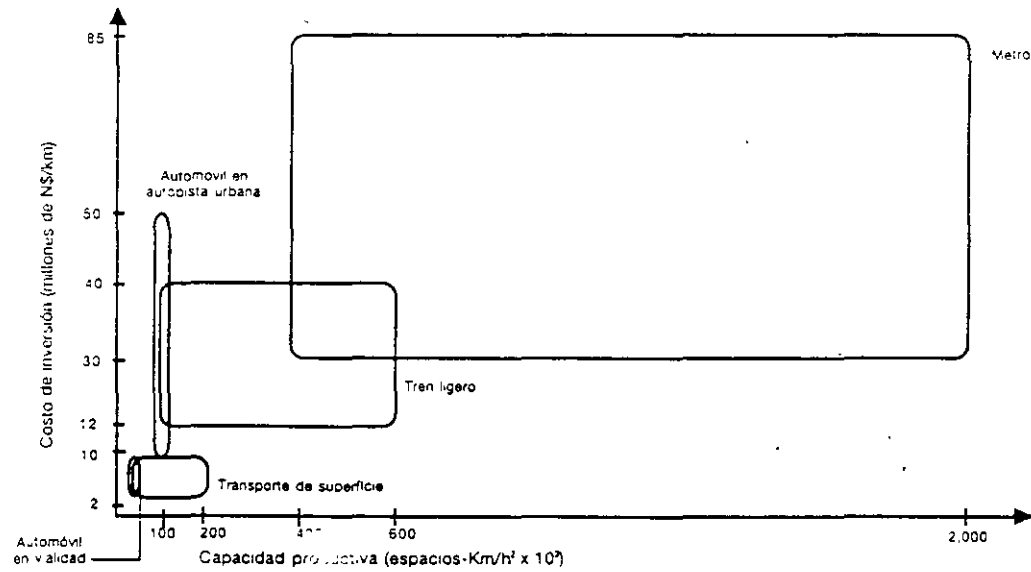
Figura 2.10.
Frecuencia vs capacidad vehicular.

34 Medios de Transporte Urbano



Fuente: Vukan R. Vuchic, *Urban Public Transportation: Systems and Technology*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981.

Figura 2.11. Velocidad vs capacidad de línea.



Fuente: Vukan R. Vuchic, *Urban Public Transportation: Systems and Technology*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1981.

Figura 2.12. Costo de inversión vs capacidad productiva.

2.6 Requerimientos de un sistema de transporte

Como se desprende del análisis teórico de la evolución de la familia de medios de transporte, la decisión central en la planeación de un sistema de transporte radica en la selección del mejor paquete o combinación posible, dentro del rango de población que se esté considerando. Esta decisión invariablemente determina las características tecnológicas, operacionales y de la red de transporte misma.

Por ello, para evaluar las necesidades reales de cada ciudad, área de estudio o corredor en cuanto a las condiciones de transporte, se debe reconocer la existencia de tres grupos de participantes que se interrelacionan así como analizar con detenimiento los requerimientos de cada grupo. Estos grupos son:

- el usuario o el consumidor del servicio
- el prestatario o proveedor del servicio y;
- la comunidad o evaluador del servicio.

Como es de esperarse, cada uno de estos grupos presenta requerimientos particulares que en algunas ocasiones se contraponen. La Figura 2.13 sintetiza estos requerimientos [4].

PLANEACION	CARACTERISTICAS LOCALES		
	Físicas	Socioeconómicas y medio ambiente	Demanda
Objetivos			
REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE			
Usuario (consumidor)	Prestatario (proveedor)	Comunidad (evaluador)	
Disponibilidad Puntualidad Tiempo de recorrido Comodidad Conveniencia Seguridad Costos al usuario	Cobertura del sistema Confiabilidad Velocidad Capacidad Flexibilidad Seguridad Costos Atracción de usuarios Efectos complementarios	Calidad del servicio Costos del sistema Objetivos sociales Impactos al medio ambiente Consumo de energía Impactos a largo plazo	

Figura 2.13.
Requerimientos de un sistema de transporte.

2.6.1 Requerimientos del usuario

Entre sus principales requerimientos se encuentra la *disponibilidad* de transporte ya que el usuario requiere contar con paradas o estaciones razonablemente cercanas, un servicio regular y que lo pueda utilizar a cualquier hora del día.

A su vez, requiere un *servicio puntual y confiable*, que le permita abordar la unidad que lo llevará a su destino dentro de rangos aceptables de demoras, la cual se puede situar para el caso de autobuses entre cero y cuatro minutos. El usuario aceptará mayores demoras dependiendo de la distancia que tenga que recorrer ya que las demoras por el tránsito y las interferencias ocasionadas por otros medios de transporte son las causas de retardos que se presentan mas frecuentemente. El factor más importante para lograr una confiabilidad en el sistema radica en el control operativo del sistema, lo cual implica la separación del derecho de vía del transporte público del resto de la circulación.

Otro requerimiento del que el usuario estará pendiente es su *tiempo de recorrido*, estando interesado en el tiempo de recorrido puerta a puerta. Un tiempo de recorrido demasiado largo inhibe el uso del transporte público, motivo por el cual se debe prestar atención especial no solamente a los tiempos abordo de la unidad sino también a los tiempos de espera y de caminata hacia/desde la parada. El hacer ameno sus recorridos a pie así como su tiempo de espera en las paradas orilla a que el usuario perciba de manera distinta los tiempos de recorrido. Una espera con actividades que realizar (observación de mapas de la red, adquisición de comida, teléfono a la mano) hace que el tiempo de espera se perciba como menor.

La comodidad es un requerimiento difícil de definir puesto que incluye una variedad de factores cualitativos Sin embargo, la disponibilidad de asiento y un recorrido suave son factores que aprecia el usuario. Otros no menos importantes son la comodidad misma del asiento, la geometría de las entradas y salidas del vehículo, el ancho de los pasillos, los niveles de ruido interior, el grado de privacidad y la apariencia tanto exterior como interior del vehículo.

La conveniencia es un requerimiento que se refiere al sistema en general y su evaluación es eminentemente cualitativa. Los principales factores que se pueden considerar son aspectos referentes a la cobertura del sistema, a la necesidad de efectuar transbordos, la existencia de información suficiente y confiable, la regularidad en el servicio que se presta y la existencia de un adecuado servicio en las horas de menor demanda e instalaciones de espera correctamente diseñadas y ajustadas a las necesidades del usuario.

La seguridad del usuario en términos de la prevención de accidentes es importante, pero el usuario busca como requerimiento una mayor prevención de incidentes criminales.

Finalmente, el costo que presenta el transporte para el usuario es un requerimiento importante a tener en cuenta, siendo la tarifa la porción más impactante. En el caso del automóvil, es importante tener presente los costos de acceso a que se incurre y, en especial, el referente al estacionamiento.

2.6.2 Requerimientos del prestatario

Entre los requerimientos del prestatario se encuentra el logro de una adecuada cobertura de área, misma que se define como la superficie o cuenca que se encuentra a 5 o 10 minutos de distancia recorrida a pie de una estación o parada. Esta cobertura se puede expresar como un porcentaje del área urbana que queda dentro del área de servicio. Al analizar el prestatario la cobertura que logra debe considerar la extensión misma de la red, la existencia de otros medios de transporte y la cobertura que logra en los puntos de mayor atracción o generación de viajes.

El prestatario estará interesado en proporcionar una frecuencia adecuada al tipo de viaje que preste, por lo que debe buscar frecuencias regulares y altas que permitan atraer cualquier tipo de viaje, ya sea este de trabajo, de recreación, de compras o de estudio.

La confiabilidad que se pueda tener en el sistema de transporte dependerá del mantenimiento que el prestatario de a sus unidades, misma que puede ser medida en función del porcentaje de salidas que se den durante el día. Se considera que los medios de transporte de superficie presentan confiabilidades del orden del 75 al 90% mientras que los sistemas férreos este porcentaje debe ser mayor al 95%.

El prestatario está interesado en lograr velocidades comerciales altas en sus rutas o líneas ya que este concepto afecta el tamaño de su parque vehicular y por ello sus costos laborales, de energéticos y mantenimiento así como la atracción de pasajeros al sistema.

Un requerimiento del prestatario es lograr el equilibrio entre la oferta y la demanda del sistema que opera ya que de esta forma logrará satisfacer las necesidades de su clientela dentro de costos razonables.

Los costos son sin lugar a dudas el factor más importante para el prestatario. En la mayoría de los casos se analizan tres conceptos: el costo de inversión, el costo de operación y los ingresos. Naturalmente, los tres variarán

conforme a las características y condiciones locales de cada sistema así como a lo largo del tiempo (inflación). Es importante comparar los costos unitarios en lugar de los costos totales para medios individuales.

El prestatario tendrá como requerimiento el contar con una *flexibilidad* suficiente en cuanto al trazo mismo de las rutas, a la capacidad con que cuenta y al tipo de vehículos con que puede operar.

La atención que el prestatario debe prestar a la *seguridad* va encaminada no solamente hacia la seguridad del usuario sino que también a la seguridad operacional del sistema.

La *atracción de pasajeros* es el requerimiento mas importante del prestatario ya que de ello dependerá el éxito y el papel que desempeñará la ruta dentro del sistema de transporte. Esta atracción está en función del tipo y nivel de servicio que se ofrezca así como también de la imagen del sistema. Esta imagen está compuesta por elementos tales como las características físicas del sistema, la simplicidad de la red, la confiabilidad del servicio, la regularidad y la identificación y venta del servicio mismo.

2.6.3 Requerimientos de la comunidad

La comunidad está interesada en se preste un *nivel y tipo de servicio* adecuado, el cual permita una mayor atracción de pasajeros hacia los medios de alta capacidad. La comunidad debe reglamentar los *impactos* a largo plazo que fomenten el transporte tales como el desarrollo urbano, los cambios en el valor del uso del suelo y las actividades económicas así como aspectos relativos al medio ambiente, el uso eficiente de la energía y el logro de una eficiencia económica en las inversiones que realice. Indudablemente, la comunidad debe sopesar los *objetivos sociales* que persiga.

Como se observa, algunos de estos requerimientos pueden ser cuantificados. Sin embargo, otros son cualitativos por lo cual su evaluación requiere de una considerable experiencia y valorizaciones subjetivas. Asimismo, los requerimientos de un grupo pueden ser divergentes lo cual induce a buscar un resultado balanceado a los requerimientos de estos tres grupos.

REFERENCIAS

1. Vukan R. Vuchic. *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. Englewood Cliffs: Prentice Hall Inc, 1981.
2. Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual*. Washington, DC: NRC Special Report 209, 1985.
3. KPMG Peat Marwick. *Estimation of Operating and Maintenance Costs for Transit Systems*. Washington, DC: Federal Transit Administration, 1992.
4. Angel Molinero. *Evaluación y Requerimientos en el Transporte Urbano*. México: Segunda Semana de Ingeniería de Transportes UPIICSA, 1982.

PREGUNTAS

1. ¿Cuales son las características que definen a un medio de transporte? A partir de las definiciones que presente, establezca las diferencias entre los siguientes medios de transporte:
 - Autobús y trolebús
 - Bicicleta y motocicleta
 - Autobús regular y autobús express
 - Tren ligero y metro
2. Se le solicita que evalúe la factibilidad de mejorar una ruta de autobuses que opera en un derecho de vía tipo C a partir de su separación de otros medios de transporte (derecho de vía tipo B) y sin cambiar su tecnología. Enumere los elementos que analizará, incluyendo los costos y sus beneficios así como la incidencia de los mismos en el proyecto.
3. ¿Cuál es la diferencia entre operación del transporte y servicio de transporte?
4. Al analizar el sistema de transporte de su ciudad ¿cuáles son las características principales que incidirán en su descripción y diferenciación entre los diferentes subsistemas?
5. ¿Que papel desempeña un sistema de trenes regionales en una zona metropolitana?
6. Analice la evolución del transporte urbano en su ciudad y describa cuáles han sido los pasos que ha seguido, sus aciertos y sus errores. ¿Qué factores han influido?
7. ¿Cuál es la principal consideración que se debe tener presente al ensanchar una vialidad?
8. ¿Cuáles son los grupos de decisión que intervienen en la evaluación de un sistema de transporte y sus requerimientos? ¿Existe contraposición de intereses? Dar ejemplos.

3

Transporte Público Urbano

El contenido de este capítulo presenta los aspectos tecnológicos y operativos de los sistemas de transporte público urbano, haciendo referencia primeramente al transporte de superficie cuyos exponentes principales son el autobús y el trolebús para posteriormente señalar las características del transporte férreo urbano y, en especial, del tren ligero y el metro.

3.1 Autobuses y trolebuses

Los autobuses y trolebuses son medios de transporte público urbano que normalmente operan en la vialidad urbana compartiendo su derecho de vía con otros vehículos (tránsito mixto). En algunos casos estos medios han empezado a operar en carriles reservados o exclusivos en muchas ciudades y en México su separación ha sido notoria en algunas ciudades como México, con una red de carriles reservados y Guadalajara, donde hasta hace poco se operó una línea de trolebuses en un derecho de vía confinado siendo substituida por un tren ligero en 1989.

3.1.1 Características generales

Los autobuses y trolebuses presentan tres características generales:

- *Capacidad de operar en casi cualquier calle.* Esta característica permite que las rutas puedan ser designadas a cualquier calle y no se vea

limitado a operar sobre ciertos derechos de vía. Asimismo, las paradas pueden ser colocadas en una variedad de ubicaciones. Estos dos aspectos facilitan los cambios temporales de rutas o las modificaciones parciales o totales de sus derroteros.

Por otra parte, esta flexibilidad hace que sea más difícil separar a los autobuses de otro tipo de tránsito, que al no contar con instalaciones permanentes, no tiene una identidad e imagen propia.

- *Costos de inversión bajos.* Ya que la infraestructura que necesita es mínima, la implantación, cambios y extensiones de rutas y paradas, es rápida y sencilla de hacer. Sin embargo, la baja inversión hace que tenga poca permanencia y por ende, una influencia limitada en el uso del suelo y en la configuración de la forma urbana.
- *Unidades de transporte con capacidad limitada.* Este medio de transporte es ideal para rutas de transporte con volúmenes de pasajeros bajos a moderados. Si se pretende mover altos volúmenes de pasajeros (mayores a los 15,000 pas/hr) es necesario visualizar otras opciones de transporte debido al espacio de capacidad que presenta.

En síntesis, el uso de autobuses presenta una mayor flexibilidad que cualquier otro medio de transporte urbano; la ramificación de sus rutas es fácil y la inversión necesaria es relativamente baja. Sin embargo, en aquellos corredores donde el volumen de pasajeros transportados a la hora de máxima demanda excede de los 15,000 pasajeros, es recomendable buscar soluciones alternas de otros medios de transporte de mayor capacidad debido a que la productividad laboral y el rendimiento se decrementan así como la calidad del servicio.

3.1.2 Vehículo

El tipo de vehículo se puede clasificar principalmente por el tipo de propulsión que presenta, siendo éstos:

- *Diesel.* Dentro del transporte público es el de uso más generalizado debido a la durabilidad y sencillez que presenta el motor; a sus costos de operación más bajos que en relación al motor de gasolina y a un mantenimiento más sencillo y una menor contaminación del aire. Sin embargo, presenta mayores problemas en cuanto a las emisiones de humo, vibraciones y ruido.

- **Eléctrico.** En esencia, el trolebús en sus aspectos operativo y físico, es similar al autobús, diferenciándose en su propulsión, a partir de un motor eléctrico, el cual obtiene la energía eléctrica por medio de polos o troles, los cuales se conectan a dos cables elevados. Aún cuando se ven limitados sus movimientos laterales debido a la línea elevada, el trolebús puede desplazarse poco más de un carril a la izquierda o derecha del carril ubicado debajo de la línea, por lo que su rango de acción se considera de tres carriles.

Este sistema presenta las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

- + Una rápida y suave aceleración y desaceleración.
 - + Silencioso.
 - + No existen emisiones directas de contaminantes.
 - + Una vida útil mayor.
 - Una inversión mayor, tanto en el costo del vehículo como en la infraestructura de apoyo necesaria.
 - Es necesario dar mantenimiento a la línea elevada.
 - No cuenta con la misma flexibilidad para modificar los derroteros que el autobús, debido a que se encuentra limitado a la línea de alimentación.
- **Otros.** A continuación se comentan otros medios de propulsión utilizados en el transporte público.
 - **Motor de gasolina.** Este motor, dentro del transporte público, se utiliza en minibuses ya que es más eficiente debido a su poco peso y al hecho de que necesita producir poca potencia.
 - **Gas propano.** Este motor es más limpio y silencioso. Sin embargo, produce una menor potencia y presenta el peligro de almacenamiento del combustible. Existen vehículos con este tipo de propulsión en Chicago, Viena, México, entre otros.
 - **Electrobús.** Este es el nombre genérico con el que se designa a los autobuses que obtienen su propulsión a través de un motor eléctrico alimentado por baterías. En forma general, estos autobuses cuentan con dos baterías de 1800 voltios y un peso de 1500 kg cada una. Esto le permite una autonomía de unos 80 km antes de tener la necesidad de cargarla. Con este sistema, se pretende combinar el excelente rendimiento y la ausencia de ruido y contaminación de los trolebuses con la baja inversión y flexibilidad de los auto-

buses. Desgraciadamente, el peso de las baterías es alto así como limitada la capacidad de la batería, lo cual repercute en los costos de operación. Este tipo de propulsión está en fase experimental en algunas ciudades de Europa, como lo son Stuttgart y Düsseldorf. La Figura 3.1 muestra un prototipo.

- *Energía inercial (Gyrobús).* El concepto consiste en que en las terminales, el vehículo hace contacto con un alimentador trifásico y un motor eléctrico acelera una rueda que acumula la energía. Esta energía cinética impulsa a un generador el cual envía la energía producida a una batería, con la cual se alimenta un motor eléctrico. Este sistema presenta las ventajas de la propulsión eléctrica así como una independencia de fuentes de energía fija. Sin embargo, el mecanismo es complejo, su radio de acción limitado y presenta un gran peso. Este tipo de vehículo se encuentra en operación en la ciudad de Gante (Bélgica) y en Leopoldville (Congo).



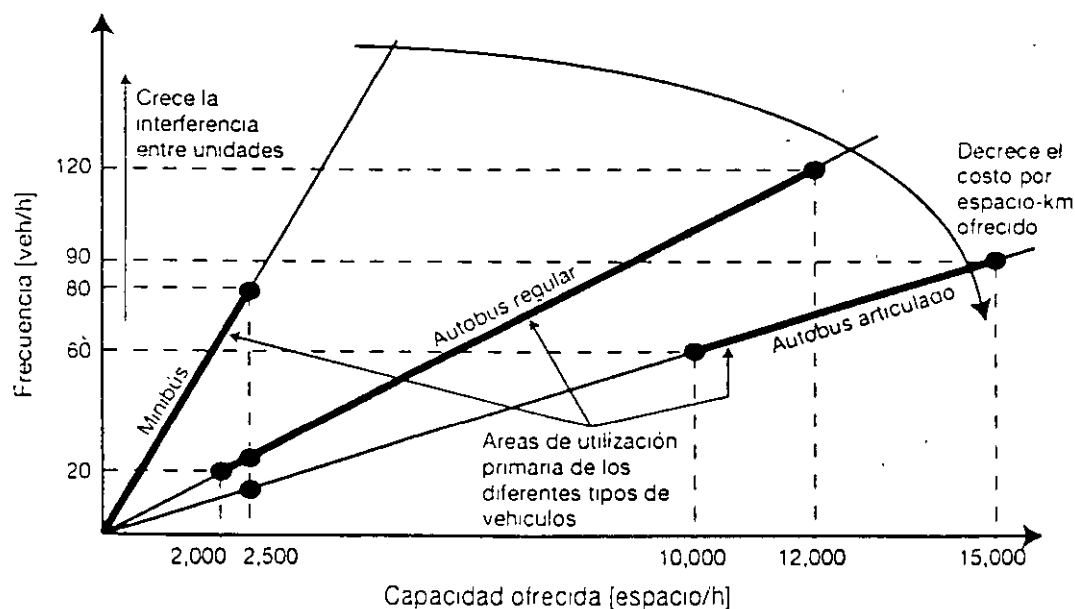
Figura 3.1.
Electrobús (Stuttgart, Alemania).

3.1.3 Tamaño de autobuses

El tamaño adecuado de un autobús está basado en los siguientes principios:

- *Costo de operación.* El costo de operación por unidad de capacidad ofrecida (espacios/km) decrece conforme el tamaño del vehículo crece, principalmente debido a la productividad laboral, al menor consumo de energía y al mantenimiento. Esto puede verse con mayor claridad en la Figura 3.2 en donde se muestra el efecto que tiene la capacidad del vehículo sobre el costo por espacio disponible.
- *Capacidad.* La capacidad de línea crece casi linealmente con el incremento en el tamaño del vehículo. Esto se debe principalmente a que son requeridos menor número de vehículos, lo cual trae como consecuencia un menor congestionamiento y una mayor velocidad.

Así por ejemplo, si se opera una ruta que presenta una afluencia de 2,000 pasajeros en la hora de máxima demanda con autobuses regulares con una capacidad 90 pasajeros y un intervalo de casi 3 minu-



Fuente: Basado en Referencia [1]

Figura 3.2. Relación entre la capacidad, la frecuencia y el costo del viaje.

tos en una vialidad típica de una ciudad, el servicio que presta es mas confiable y mas rápido que el que se logra operando minibuses con una capacidad vehicular de 30 pasajeros a un intervalo de casi un minuto. Esto se debe a que se producen demoras, congestionamientos y por ende bajas velocidades que orillan a la utilización de mas carriles de circulación por estos vehículos, reduciendo la capacidad global de la vialidad.

- *Maniobrabilidad.* La maniobrabilidad del vehículo decrece con el tamaño del vehículo, siempre y cuando la carrocería esté formada por un solo cuerpo.
- *Comodidad.* La comodidad se incrementa con el tamaño del vehículo, cuando este está formado por un solo cuerpo. La comodidad en los articulados y de doble piso se decrementa, en el primer caso en la parte posterior (mayor bamboleo) y en el segundo, en la altura del techo.

Para los casos típicos de rutas en ciudades mexicanas en donde se presenta una demanda creciente y se presentan tiempos de espera mínimos 3 a 6 minutos, se puede pensar en incrementar la capacidad de línea mediante la introducción de vehículos más grandes en lugar de proporcionar una mayor frecuencia, situación que causa un mayor costo de operación y reduce a su vez el nivel de confiabilidad. Esto trae como implicación que el tamaño óptimo de un autobús esté definido en función del volumen de pasajeros, trayendo como consecuencia que un autobús de mayor dimensiones sea mejor para las horas de máxima demanda. Sin embargo, por razones prácticas (mantenimiento, refacciones) las empresas transportistas optan por el manejo de un solo tipo de autobús.

Bajo este orden de ideas el prestatario del servicio debe analizar las ventajas y desventajas que representa tener costos de operación menores con autobuses pequeños en la horas de baja afluencia en contraposición con tener costos de operación menores y un mejor nivel de servicio con autobuses de mayor capacidad durante las horas de máxima demanda. La Figura 3.3 muestra la metodología sugerida para evaluar el tamaño adecuado de las unidades.

A su vez, en función de su tamaño, los transportes superficiales pueden ser clasificados por el tipo de carrocería, la cual define la fisonomía del vehículo. Así tenemos minibús, autobús regular, autobús articulado, autobús de dos pisos y otros.

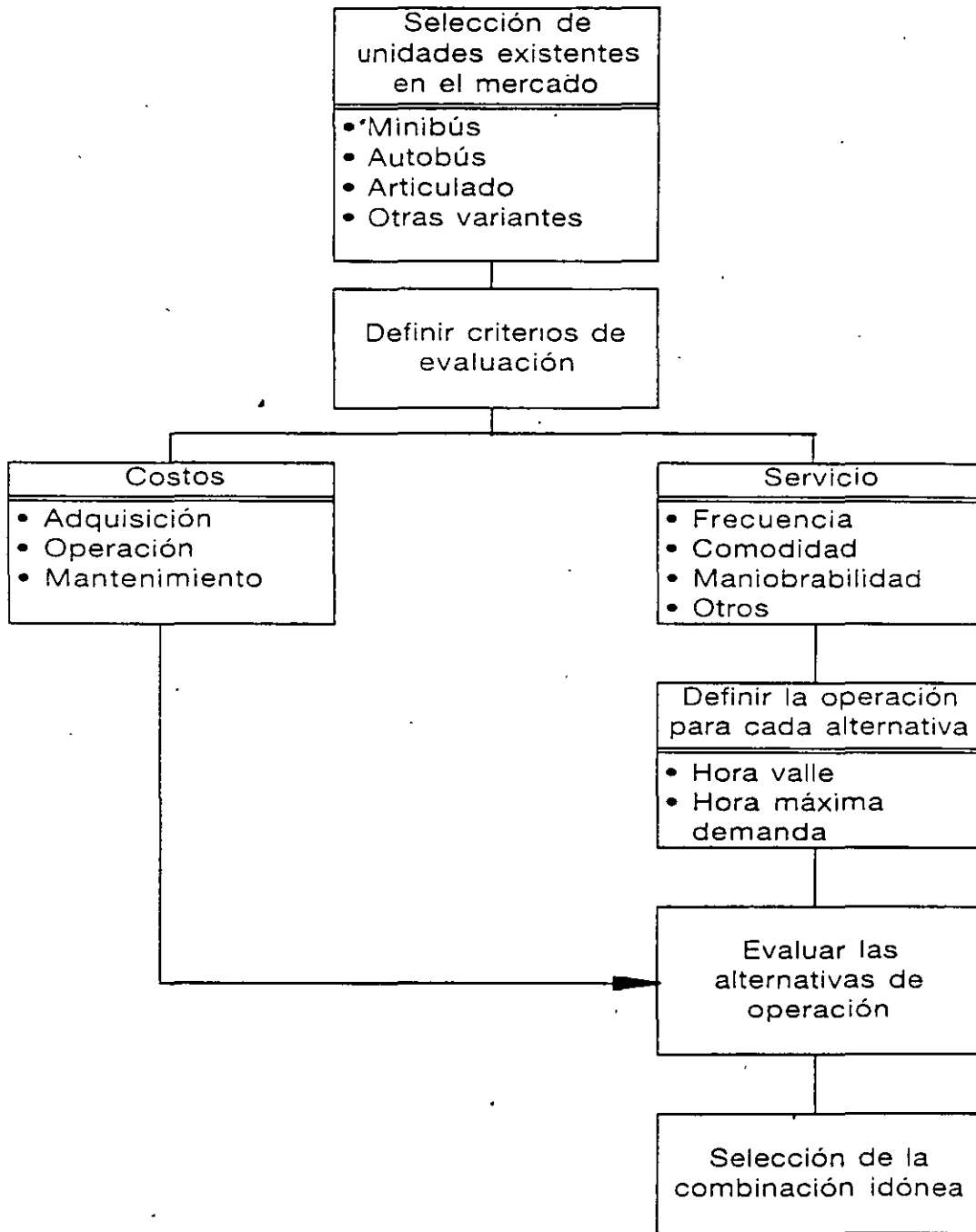


Figura 3.3.
Selección del tamaño adecuado de vehículo

Minibús. El minibús es un vehículo de pequeña longitud, la cual se encuentra entre 5 y 7 metros con una capacidad de asientos de 12 a 20. La capacidad total del vehículo oscila entre los 20 y los 35 pasajeros. La velocidad máxima que presentan estos vehículos es de 40 a 70 km/h.

Este vehículo es el idóneo para servir como alimentador en zonas de baja densidad; en ciudades donde el mismo trazo urbano o topográfico dificulta el uso de vehículos de mayores dimensiones o bien en aquéllos lugares en donde son requeridos servicios con intervalos cortos y los volúmenes son bajos a moderados (comunicación entre estacionamientos y aeropuertos).

El motor que utilizan estos vehículos normalmente es de gasolina y en algunos casos presentan convertidores a gas licuado de petróleo en una buena parte de nuestras ciudades.

Autobús regular. El autobús regular es un vehículo de una sola carrocería, soportado por dos ejes (y en algunos casos por tres ejes). La capacidad máxima de asientos varía de 35 a 50, pudiendo tener una capacidad total de 50 a 110 espacios (90 para condiciones de un adecuado nivel de servicio).

El Cuadro 3.1 muestra los tres tipos de autobuses que se fabrican en México describiéndose las características principales que presenta un autobús sobre chasis, sobre plataforma e integral.

Autobús articulado. El autobús articulado presenta mayores dimensiones que el autobús regular y que está formado por dos carrocerías unidas por una articulación, lo que permite tener un interior continuo a la vez de permitir que el autobús se *doble* durante sus giros.

Existen varios factores que hacen atractivo el uso de los autobuses articulados, tal como su mayor productividad laboral, la cual reduce los costos de operación por espacio-kilómetro. Asimismo, este tipo de unidad permite proveer una mayor capacidad, lo cual da como resultado una menor saturación en las horas de máxima demanda y un mayor número de asientos disponibles a las horas de menor demanda, lográndose un mejor uso del área vial, e incrementando al mismo tiempo la capacidad de línea.

La longitud de estos vehículos varía entre los 16 y los 18 m, con un total de asientos de 66 y una capacidad total de 180 espacios. Un vehículo de esta longitud y capacidad debe presentar un mayor número de puertas para facilitar el ascenso y descenso del usuario, lo cual hace que este tipo de vehículo cuente de 3 a 4 puertas, generalmente de doble canal.

Cuadro 3.1.
Tipos de autobuses que se fabrican en México

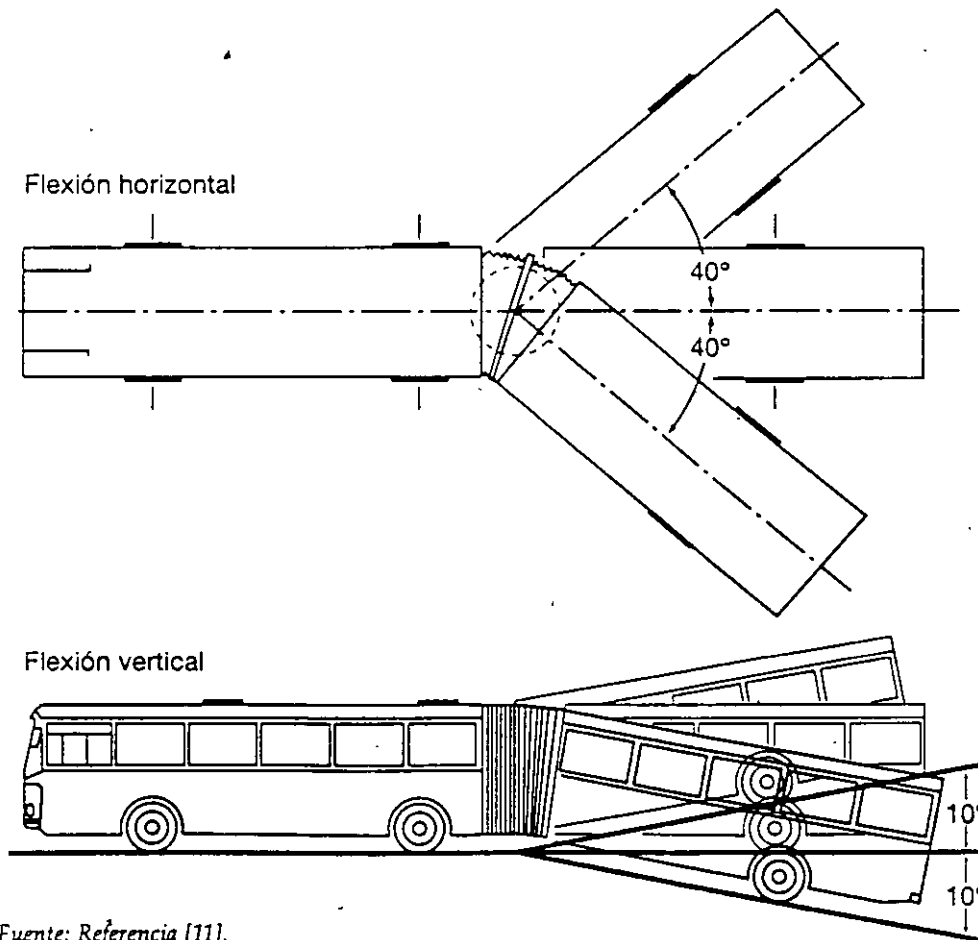
CARACTERÍSTICAS	TIPO DE CONSTRUCCION		
	SOBRE CHASIS	SEMIINTEGRAL O PLATAFORMA	INTEGRAL
AFECCIÓN A LA CABINA DE PASAJEROS	El chasis requiere una amplia sección en la especificación de los perfiles, por soportar toda la carga. Esto provoca una mayor altura de piso inferior. La carrocería puede tener cualquier configuración y los cambios de especificación son posibles sin afectar la estructura (modificar puertas, dimensiones, etc.)	Se logran alturas de piso aceptables (80.90 cm) aunque no menores. Es posible incorporar diversas carrocerías; pero estas son diseñados específicamente para una sola plataforma base	Permite la menor altura de piso, por el menor espacio ocupado por la base estructural inferior. Limitación para modificar el diseño base de la carrocería si así se requiere.
RIGIDEZ ESTRUCTURAL	El conjunto de chasis sufre movimientos torsionales por la acción independiente de cada eje. Dichos movimientos son transmitidos a la cabina de pasajeros y se tiene un efecto de suspensión adicional a la propia suspensión	La plataforma sin carrozar es muy sensible a los esfuerzos. Al carrozar, dichos esfuerzos son repartidos en forma equilibrada a todo el conjunto del vehículo	Se logra una gran rigidez del conjunto estructural, en todos los sentidos. La suspensión absorbe todas las deformaciones que ocasiona la marcha.
ABSORCIÓN DE IMPACTOS	El impacto frontal no es absorbido gradualmente, sino transmitido en forma directa a la cabina de pasajeros. La carrocería no portante, es más débil en caso de volcadura	El conjunto total es autoportante, lo que permite una mayor resistencia al impacto de la cabina de pasajeros	Los impactos son absorbidos en forma gradual por los diversos elementos estructurales
VIDA ÚTIL	El desgaste no es homogéneo entre chasis y carrocería. Esta última tiene una vida útil menor, incluso la mitad en relación al chasis. Total del autobús en promedio: 8 años.	Con la propia integración del diseño, la vida útil es equiparable a la del autobús integral.	Un conjunto integral bien diseñado y con el tratamiento apropiado, puede rendir entre 12 y 16 años.
MANTENIMIENTO	La estructura base casi no requiere mantenimiento. Sin embargo las vibraciones en la carrocería requieren el ajuste frecuente de fijaciones y accesorios.	Rehabilitación estructural sencilla en caso de golpes que no afecten la plataforma base.	Alta dificultad y mano de obra en reparaciones mayores por accidentes. Mínimo mantenimiento de carrocería.
PESO	La solución chasis/carrocería es la más pesada en conjunto	El conjunto completo tiene un peso similar a la unidad sobre chasis equivalente.	Teóricamente es la solución más ligera.
COSTO	El concepto más económico.	Costo intermedio.	El concepto integral es el más costoso.
INDUSTRIALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Basador a base de troqueles sencillos, compartido con la base tecnológica de camiones (economía de escala). • Libertad en construcción y materiales de carrocería • Estrategia industrial flexible (una o más pantallas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Troqueles especiales y caros en la fabricación la plataforma típica • Libertad en la tecnología y materiales utilizados en la carrocería • Estrategia industrial flexible (una o más plantas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto uso de mano de obra. • Fabricación forzada en una sola planta.

50 Transporte Público Urbano

El autobús articulado presenta ángulos de flexión horizontal de 40 a 45 grados y de 10 grados en el sentido vertical, tal y como se muestra en la Figura 3.4.

Si comparamos el autobús articulado con el autobús regular, observamos que se presentan las siguientes ventajas y desventajas:

- + mayor capacidad de línea
- + mayor productividad laboral
- = características similares de movimiento
- menor comodidad en el viaje, especialmente en la parte posterior
- menor estabilidad a altas velocidades o en curvas forzadas.



Fuente: Referencia [11].

Figura 3.4. Flexibilidad de los autobuses articulados.

Autobús de doble piso. Este tipo de vehículo consiste en dos pisos, conectados mediante una escalera y cuya altura varía entre 4 y 4.45 m. La longitud total se ubica entre los 9 y 12 m, con una capacidad total aproximada de 100 espacios. Su introducción se dificulta en algunas ciudades debido a la altura que presenta y que se contrapone con la ubicación existente de cables, semáforos, árboles, así como el gálibo de algunos puentes.

Si se compara el autobús de doble piso con el autobús regular, se tienen las siguientes ventajas y desventajas:

- + mayor número de asientos
- + vista atractiva desde el piso superior
- + pocas molestias al usuario del piso superior, debido a los movimientos del pasaje.
- la altura del vehículo requiere de claros mas altos
- inconveniencia de las escaleras
- se dificulta la supervisión en el piso superior
- necesidad de talleres de mantenimiento especiales.

3.1.4 Geometría del movimiento de un autobús

La Figura 3.5 muestra las dimensiones básicas que definen el movimiento de un autobús, así como los puntos críticos que se presentan en una curva horizontal.

Si conocemos el radio de la rueda delantera (R_r^i), entonces el radio de la rueda trasera interna resulta a partir de la aplicación del Teorema de Pitágoras, en la siguiente expresión:

$$R_r^i = \sqrt{(R_r^e)^2 - (DE)^2} - ET$$

y la trayectoria que siguen las huellas de las ruedas (TR) es la siguiente:

$$T_r = R_r^e - \sqrt{(R_r^e)^2 - (DE)^2} + ET$$

Como se observa, esta trayectoria está en función del ángulo de giro (β) así como de la distancia entre ejes.

Por otra parte, si se conoce el radio externo del vehículo (R_e), el radio interno del vehículo (R_i) y el patrón de giro (PG) o ancho que el vehículo ocupa de la vialidad al efectuar el movimiento, se calculan de la siguiente manera:

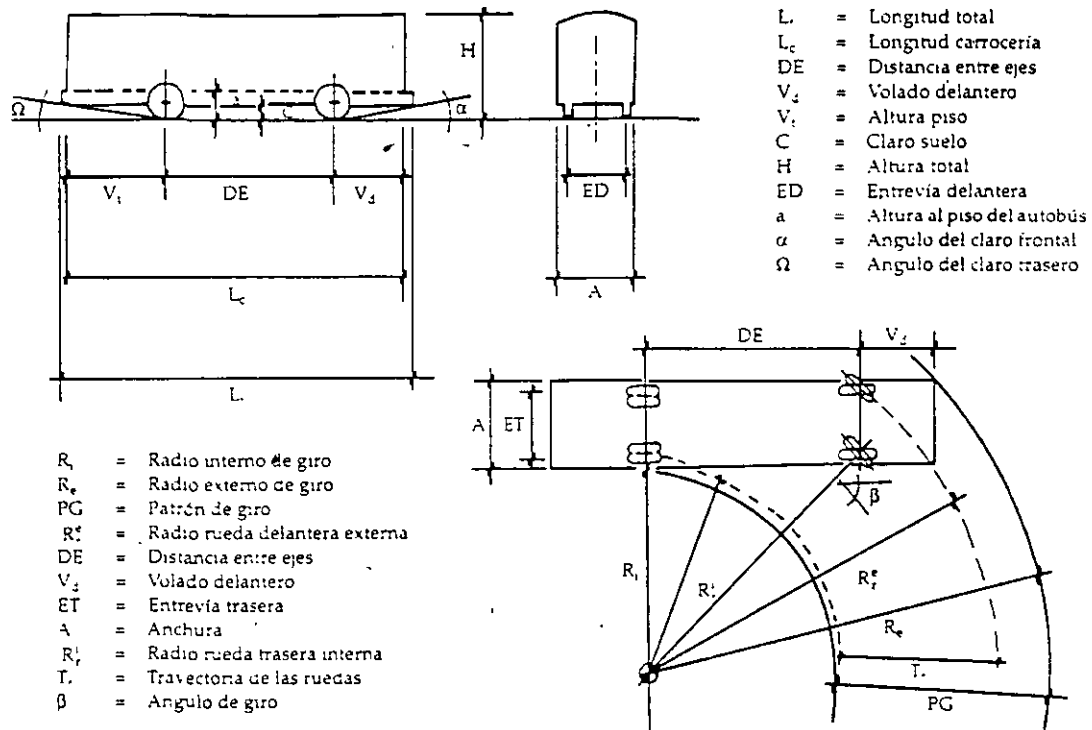


Figura 3.5. Dimensiones básicas del autobús

$$R_1 = \sqrt{(R_e)^2 - (DE + V_d)^2} - A$$

$$PG = (R_e)^2 - \sqrt{(R_e)^2 - (DE + V_d)^2} + A$$

Normalmente, un autobús articulado presenta dos ejes en la sección frontal y un eje en la sección trasera, lo cual ocasiona que la articulación quede suspendida en el vuelo trasero de la sección frontal, tal y como se muestra en la Figura 3.6.

Aún cuando el autobús articulado tiene 50% mas de longitud que el autobús regular, el radio de giro que presentan es generalmente el mismo y una trayectoria de giro mas angosta. La razón de que esto sea posible reside en el mecanismo de manejo, en el cual tanto las llantas del eje frontal como las del eje trasero (tercer eje) giran al mismo tiempo pero en sentido opuesto, aproxima-



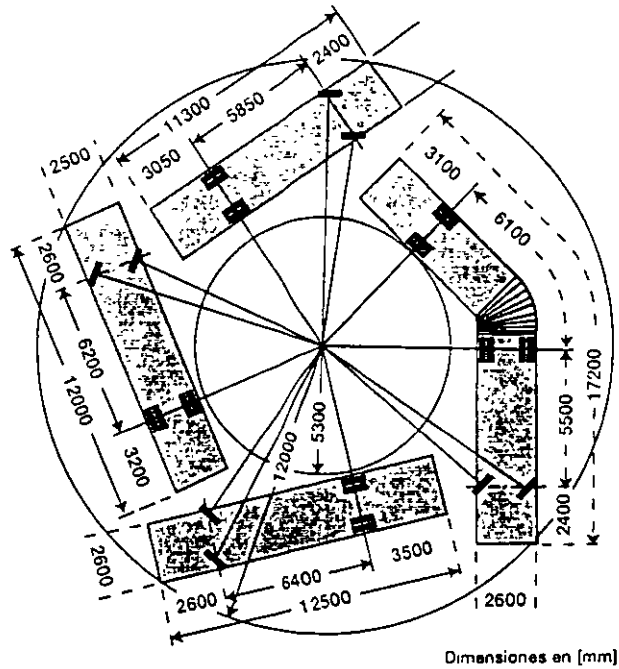
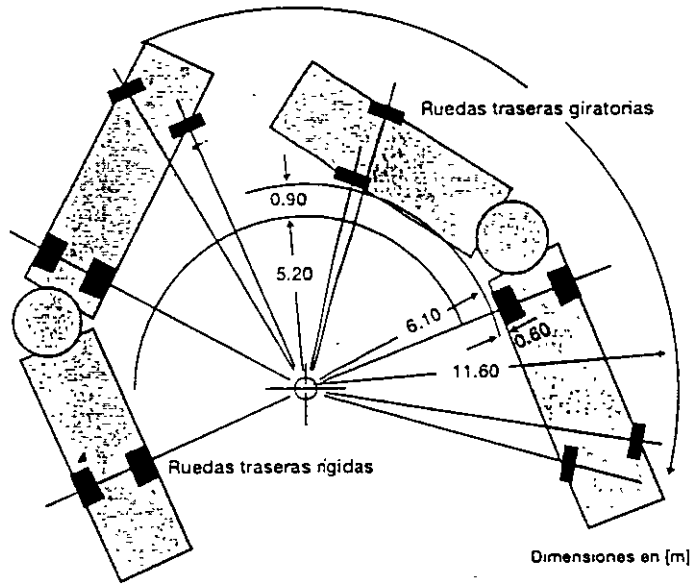
Figura 3.6.
Autobús articulado (Ciudad de México, México). Foto cortesía de Mexicana de Autobuses, S A de C.V.

damente la mitad del ángulo de giro frontal como se muestra en la Figura 3.7. Por ello, las trayectorias de las ruedas traseras caen dentro de las trayectorias de las llantas frontales y centrales permitiendo que el autobús realice cualquier giro que un autobús regular puede hacer. La única excepción es que el autobús articulado tiene un viraje exterior mayor con el vuelo trasero que el autobús regular, al iniciar el giro. Esto se puede observar en la Figura 3.8.

3.2 Requerimientos en los vehículos

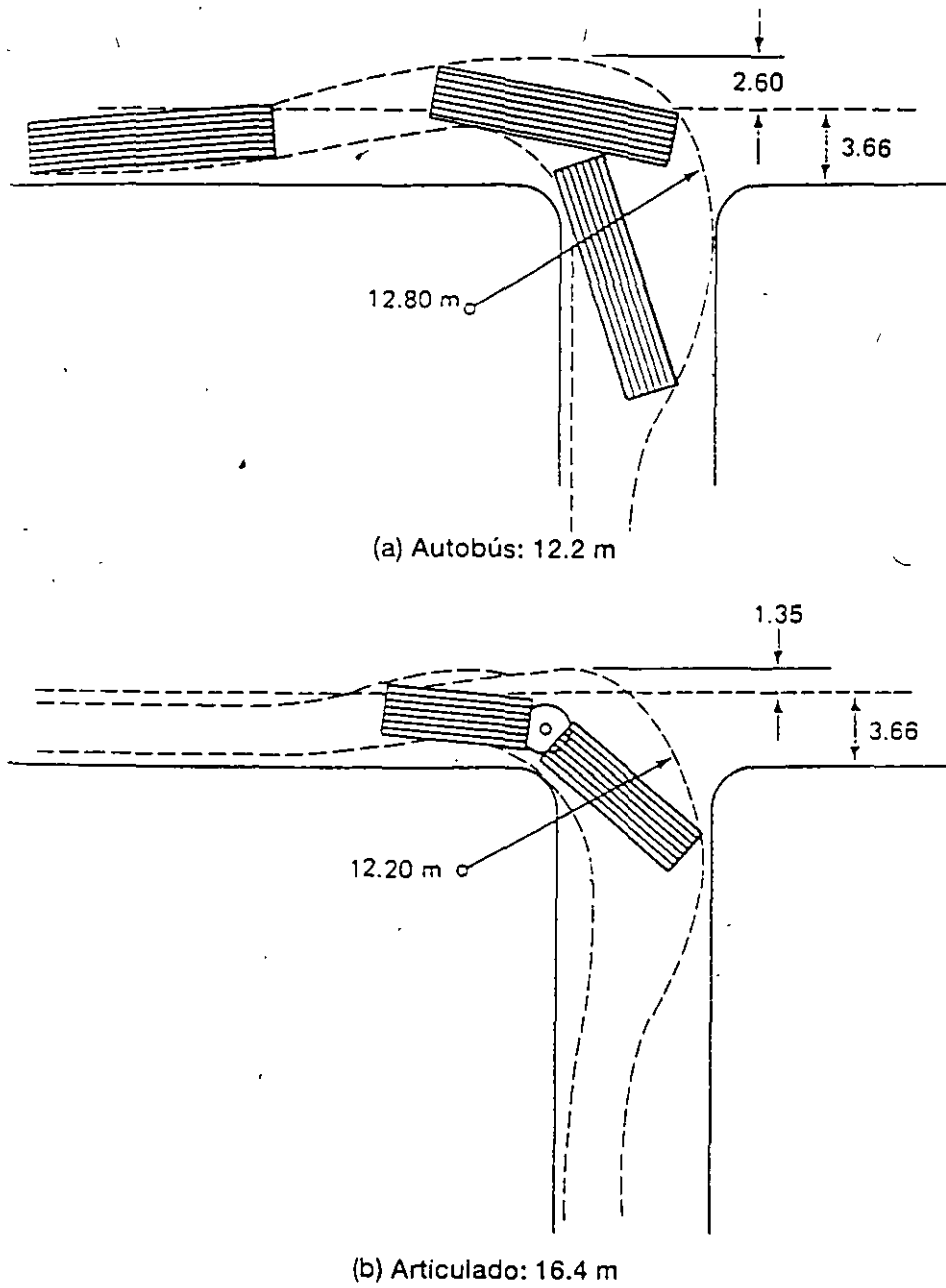
La mayor parte del tiempo empleado en el viaje de un usuario de un origen a un destino transcurre dentro del vehículo por lo cual el usuario no solamente deseará que este tiempo sea lo mas corto posible sino que además buscará que transcurra en un ambiente agradable.

En el transporte público, los recorridos promedio son normalmente cortos, por lo que las exigencias en cuanto a comodidad no son tan grandes como en los autobuses foráneos, donde los pasajeros deben permanecer varias



Fuente: Referencias [11,10].

Figura 3.7.
Trayectoria de las ruedas traseras.



Fuente: Referencia [11].

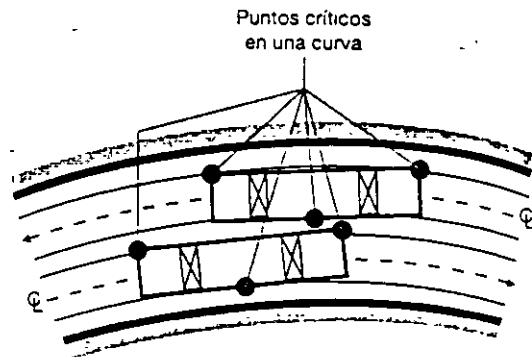
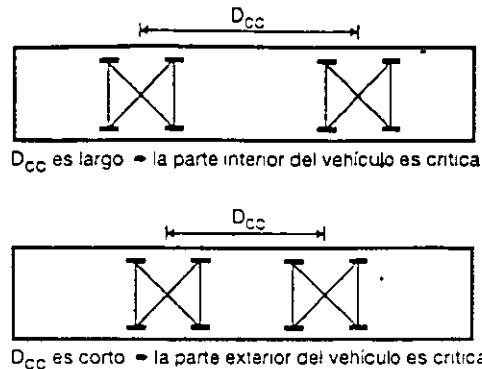
Figura 3.8.
Comparación de radios de giro.

horas. Sin embargo, en los viajes urbanos son mucho más frecuentes los desplazamientos de los usuarios dentro del vehículo, debido al continuo intercambio de pasajeros. Esto realza la importancia que presenta una adecuada disposición de los accesos, los pasillos, los asientos y las áreas vestibuladas dentro del vehículo.

En la evaluación que hace subjetivamente el usuario sobre el servicio recibido, la condición física y de apariencia que muestran las unidades resulta de gran importancia, independientemente de que el mercado del transporte sea cautivo, sin oportunidad de acceso a una mayor variedad de opciones de servicio. Dentro de estas consideraciones se encuentran las siguientes: el aspecto exterior del vehículo; la señalización del mismo; la facilidad de acceso; el aspecto interior; las dimensiones y diseño de los pasillos; el sistema tarifario empleado; el número, disposición y características de los asientos; la visibilidad desde el interior; los puntos de sujeción para viajeros de pie; los sistemas de iluminación; la ventilación; los ruidos, vibraciones, aceleraciones, humos y olores en el interior y exterior del vehículo; los medios de información al público; los medios de ayuda en emergencias, entre otros. Todos estos aspectos deben ser considerados al tener en cuenta el nivel de calidad que la autoridad y los prestadores del servicio desean ofrecerle al usuario.

Los requerimientos en los vehículos que se desarrollan a continuación se refieren principalmente a los autobuses utilizados en servicios urbanos regulares con paradas frecuentes en los que pueden ir pasajeros de pie y cuya capacidad es mayor a los diez pasajeros. Sin embargo, los conceptos e ideas expuestos pueden ser aplicados a otro tipo de unidades de pasajeros.

Si se considera la utilización que los viajeros hacen del autobús, se pueden determinar las características que contribuyen a valorar la calidad del servicio. Así se tiene que durante la fase de espera y acceso al vehículo, el usuario considera el aspecto exterior del mismo (estado, limpieza, color); ser fácilmente identificable y el usuario debe saber si es el vehículo que espera abordar. Al acceder al vehículo es necesario subir escalones, cuyas características y dimensiones deben ser tales que el acceso resulte cómodo. Una vez dentro del vehículo, el pasajero debe pasar a través del puesto de control o venta de boletos y avanzar por el pasillo hasta ocupar un asiento o permanecer de pie. La comodidad del viaje dependerá notablemente de las características de los asientos –para los viajeros sentados– y del espacio disponible para los viajeros de pie. Además, el interior debe permanecer limpio y debe ser posible ver el exterior, para que los usuarios reconozcan el recorrido que siguen.



Fuente: Referencia [11].

Figura 3.43. Puntos críticos para dos carros hipotéticos con distinta distancia centro a centro de carretillas.

Si se compara un carro articulado con unidades de cuatro ejes en unidades múltiples, se tienen las siguientes ventajas (+) y desventajas (-).

- + Costos de operación menores durante las horas de máxima demanda (33 a 50% menos operadores)
- + Mejor distribución del usuario a lo largo de un solo vehículo, que en dos o mas unidades separadas, así como el aprovechamiento del área utilizada por el acoplador
- + Una mejor comodidad ya que las secciones medias (articuladas) son mejores a los vuelos, tanto trasero como delantero.
- + No hay el acoplado/desacoplado de vehículos en servicio
- Los costos de mantenimiento y energía a las horas de baja demanda son mayores.

Cabe señalar que los carros del metro tienen longitudes entre los 16 y los 21 metros y anchos entre 2.50 y 3.20 metros con el objeto de reducir las secciones de túneles. En el caso de los trenes regionales, se tienen longitudes máximas de 26 metros y anchos de 3.20 metros. En aquellas líneas donde no se cuentan con túneles, se están empleando algunas veces carros de dos pisos con altura hasta de 5.00 m.

$$\Delta R_v^i = R - R'$$

y

$$\Delta R_v^e = \sqrt{\left(R' + \frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_{CC}}{2} + V\right)^2} - \left(R + \frac{A}{2}\right)$$

siendo el ancho total de la trayectoria del vehículo o ancho libre:

$$ATV = A + \Delta R_v^i + \Delta R_v^e = \sqrt{\left(R' + \frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_{CC}}{2} + V\right)^2} - \left(R' - \frac{A}{2}\right)$$

En el caso de los tranvías y trenes ligeros, donde los tipos de derechos de vía implican negociar curvas mas cerradas (radio entre 15 a 25m como mínimo) entonces la distancia centro a centro de las carretillas es de solamente 6 a 7m. Sin embargo, los vuelos son grandes (hasta 4m) pero sus extremos suelen ser achatados para reducir en lo posible el ensanchamiento del perfil exterior en el radio exterior del vehículo (ΔR_v^e).

La Figura 3.43 muestra los puntos críticos para dos carros hipotéticos con distinta distancia centro a centro de carretillas. Se observa que si la D_{CC} es grande, entonces la parte interior del vehículo es la crítica, mientras que si la D_{CC} es corta, la parte exterior es la crítica [11,12].

3.3.7 Tamaño del vehículo

Uno de los principales elementos que limitan el tamaño máximo del vehículo son los libramientos del vehículo en curvas con radios mínimos. La geometría del movimiento para estos vehículos se presenta en el inciso anterior así como las consideraciones que al respecto hay que hacer.

Para los sistemas de tren ligero la determinación del tamaño es de gran importancia ya que está relacionada con la decisión de seleccionar el tipo básico de vehículo a operar. Las alternativas básicas son:

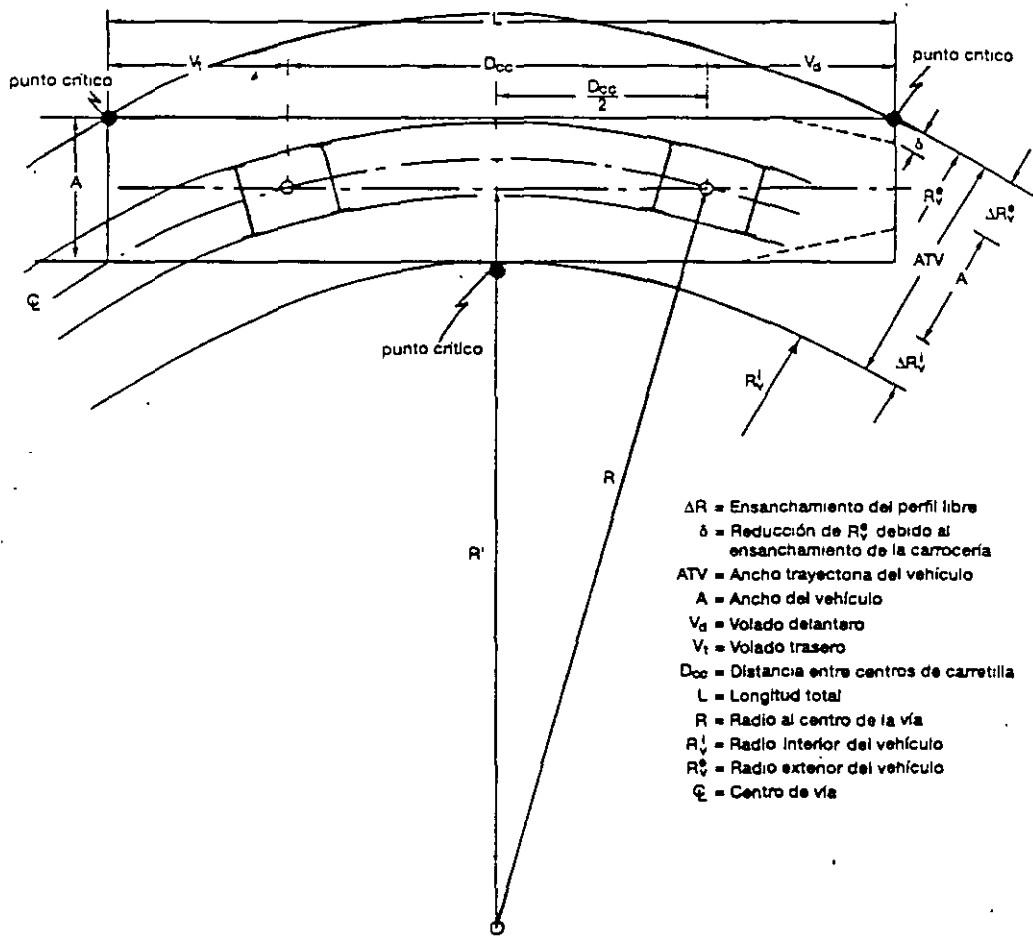
- vehículos de 4 ejes, operados como unidades múltiples
- vehículos de 4 ejes, articulados, con longitudes hasta 18 metros
- vehículos de 6 ejes, con una articulación y longitudes de 18 a 22 metros
- vehículos de 8 ejes, con doble articulación y longitudes entre 23 y 31 metros

$$R_v^i = R' - \frac{A}{2}$$

y

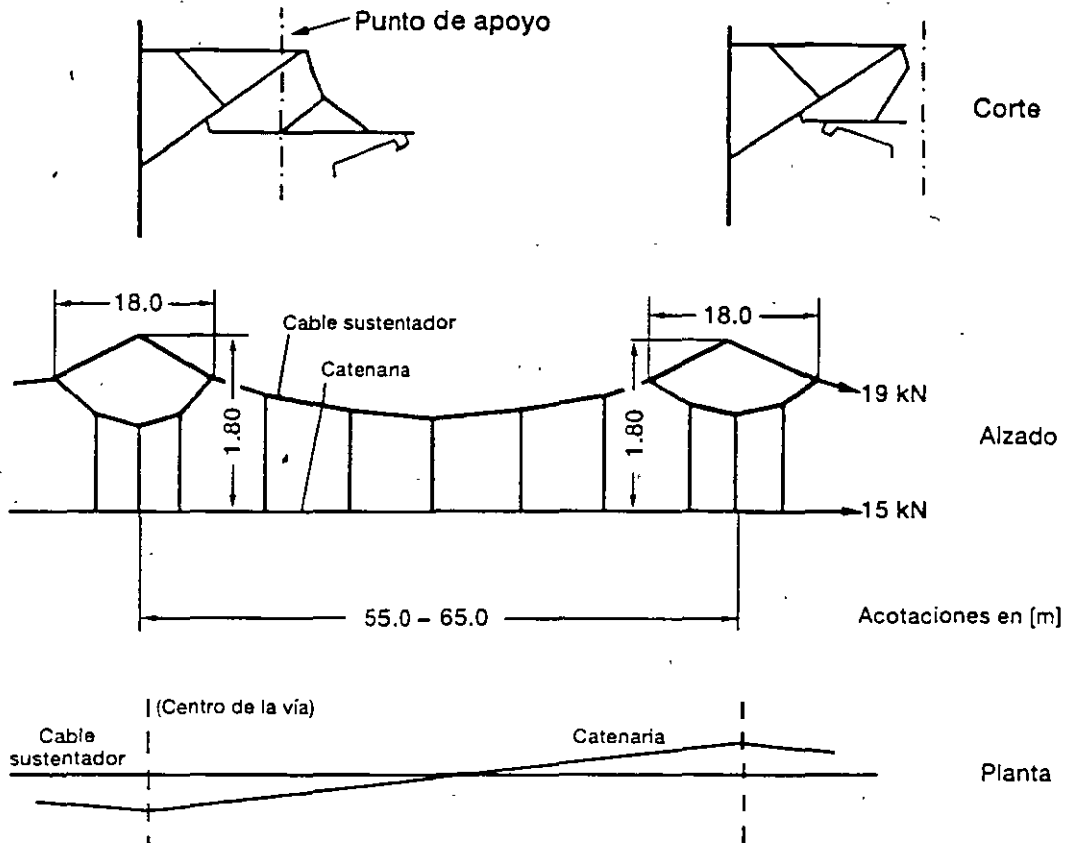
$$R_v^e = \sqrt{\left(R' + \frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_{cc}}{2} + V\right)^2}$$

El ensanchamiento del perfil libre en los lados interiores (ΔR_v^i) y exteriores (ΔR_v^e) viene dado por:



Fuente: Referencia [11].

Figura 3.42.
Geometría de movimiento.



Fuente: Joachim Fiedler. *Grundlagen der Bahntechnik* Dusseldorf: Werner Verlag, GmbH, 1980.

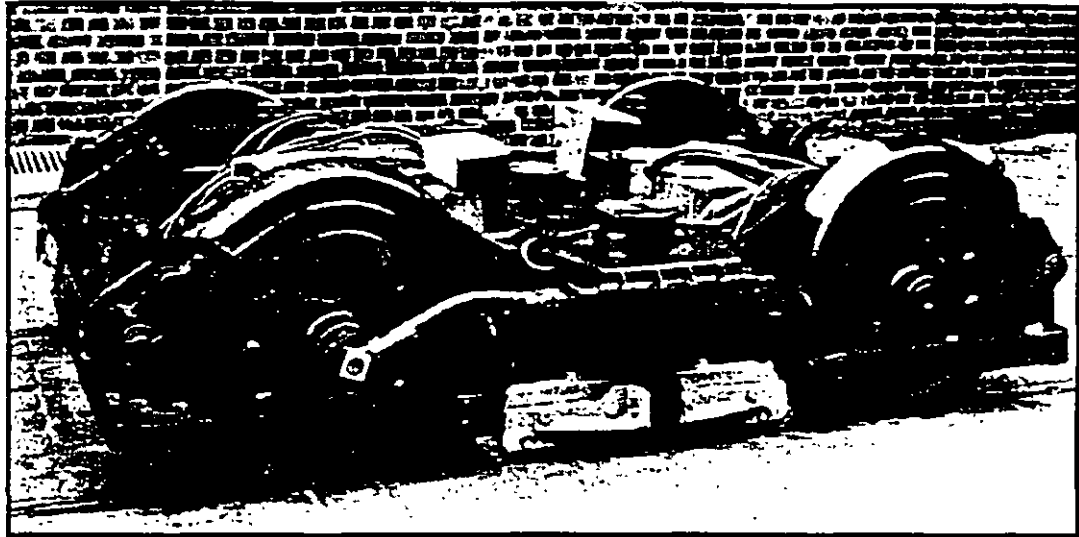
Figura 3.41.
Catenaria.

ubican en la parte contraria a la dirección del movimiento, en las puntas del vehículo (frontal y trasero) así como en la porción central del vehículo.

Si se cuenta con las dimensiones de los volados los cuales generalmente son iguales (V), del radio al centro de las vías (R) así como el ancho del vehículos, se puede conocer el radio interior (R'_i) y exterior (R'_e) del vehículo, mediante las expresiones siguientes:

$$R' = \sqrt{R^2 - \left(\frac{V}{2}\right)^2}$$

el radio interior y exterior del vehículo son:



Fuente: Referencia [11].

Figura 3.40.
Freno magnético.

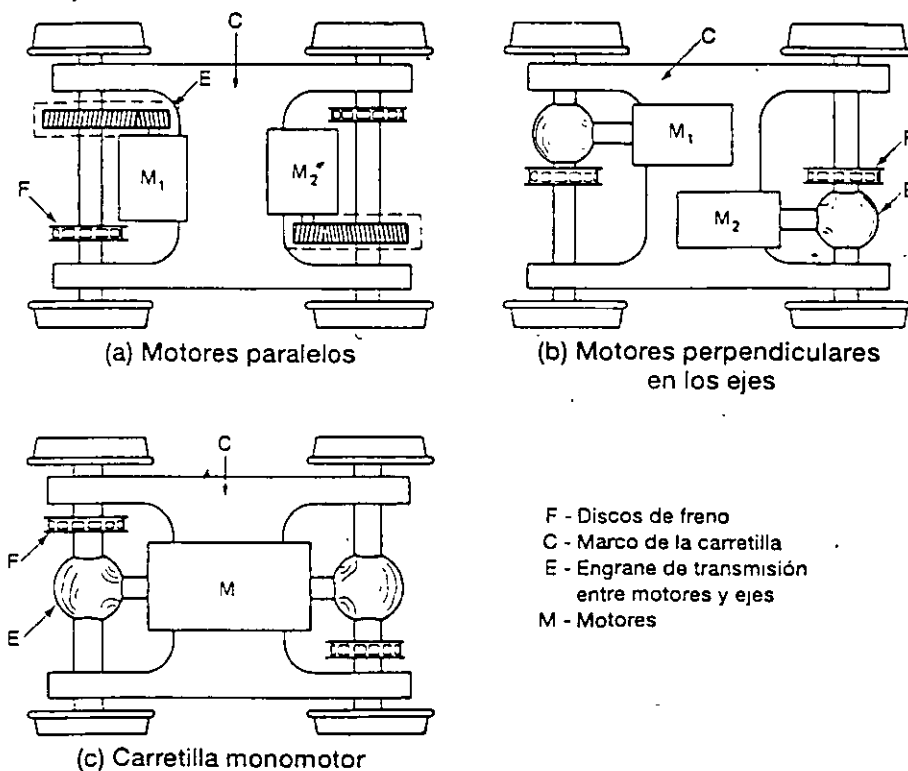
Algunos sistemas férreos cuentan con sistemas de seguridad, tales como el llamado *hombre muerto*, en el cual el operador debe tener un control siempre presionado mientras el vehículo se encuentra en marcha. Si se suelta durante el movimiento, los motores se apagan y se aplican automáticamente los frenos.

Recolección de energía. La recolección de la energía eléctrica se puede realizar por medio de trole polo o cañas, por pantógrafo o un tercer riel. En el caso de los tranvías, el primer sistema es el mas utilizado. El pantógrafo se utiliza frecuentemente en los trenes ligeros así como en el tren regional, mientras que el tercer riel es mas utilizado en el metro.

En el caso de utilizar catenaria y pantógrafo, el cable debe colocarse en zig-zag para evitar el desgaste de una sola porción del carboncillo, así como la posibilidad de crear surcos que puedan romper el cable; tal y como se muestra en la Figura 3.41 [12].

3.3.6 Geometría del vehículo

La Figura 3.42 muestra los parámetros principales que aparecen en la geometría del movimiento de un vehículo de esta naturaleza. Los puntos críticos se



Fuente: Referencia [11]

Figura 3.39. Tipos de motor.

jar solamente con un motor, una mejor adhesión ya que las cuatro ruedas trabajan al mismo tiempo y un menor peso. Por otra parte, los problemas de espacio limitan el tamaño del motor y con ello la potencia (100 a 220 Kv dc) que puede utilizarse.

Sistema de frenado. El material rodante cuenta con tres sistemas de frenado, los cuales son: el freno dinámico o de motor, los frenos de aire y; los frenos magnéticos.

El freno magnético consiste en barras de acero, las cuales cuentan con una bobina eléctrica o solenoide. Se encuentra suspendida entre las ruedas de cada carretilla, existiendo una distancia entre la barra y el riel de 8 mm. como se muestra en la Figura 3.40. Al utilizarse este freno, se le da potencia a las bobinas y éstas caen a los riel creando una fuerza adhesiva entre las 2 y 4 toneladas.

Figura 3.38, en la cual se puede ver que se compone de dos partes, las cuales están separadas por tarugos de neopreno. Con ello se evita la transmisión de ruido y vibraciones, a la vez que amortigua los impactos. Existe una conexión metálica entre las dos partes de la rueda, con el fin de permitir hacer tierra. Sin embargo, esta rueda presenta una mayor deformación al cabo de un tiempo, que hacen necesaria su realineación.

Motores. Existen tres tipos principales de motores, siendo éstos monomotores, motores en paralelo y motores perpendiculares. La Figura 3.39 muestran estos casos.

Los vehículos férreos recientes cuentan con tracción en todos los ejes. Los carros que cuentan con monomotores tienen carretillas sin tracción debajo de la articulación debido principalmente a las restricciones de espacio impuestas por la articulación y debido que el control eléctrico de tres motores se vuelve mas complicado.

El uso de monomotores trae como ventajas principales el contar con un motor mas simple, la necesidad de menor mantenimiento al tener que traba-

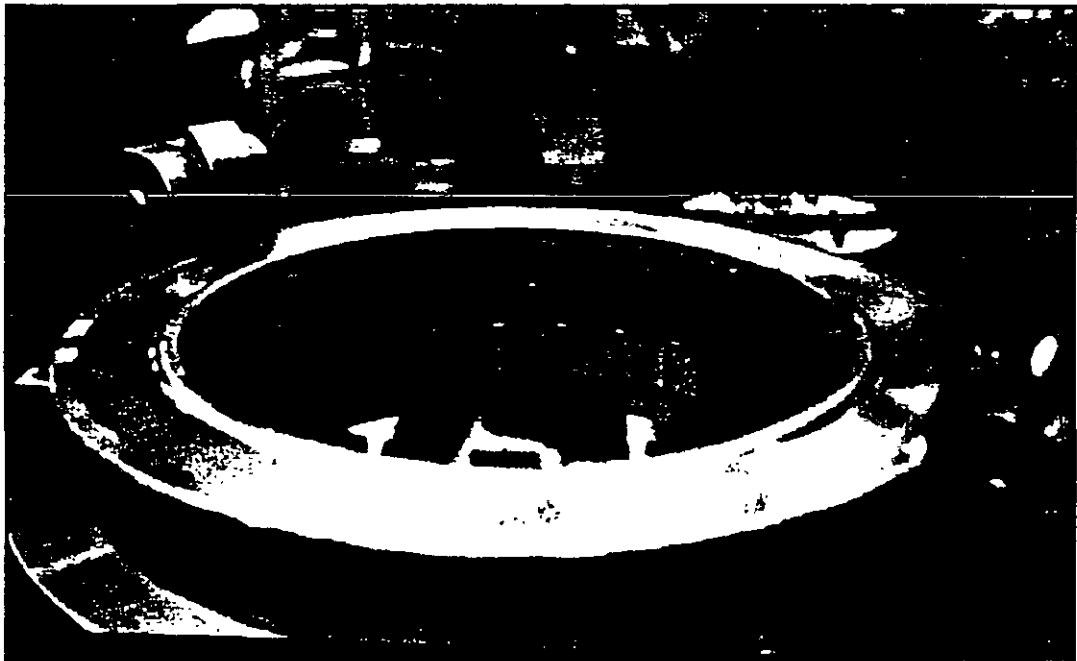
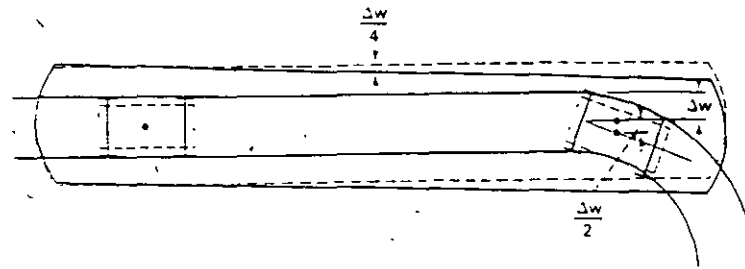
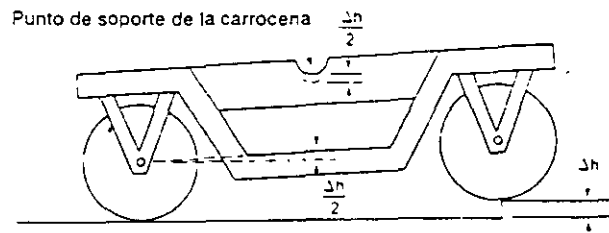


Figura 3.38. .
Rueda con tarugos de neopreno.



(a) Atenuación de los desplazamientos verticales



(b) Atenuación de los desplazamientos verticales

Fuente Referencia [11].

Figura 3.36.
Impacto de la carretilla en la comodidad del viaje (esquemático).

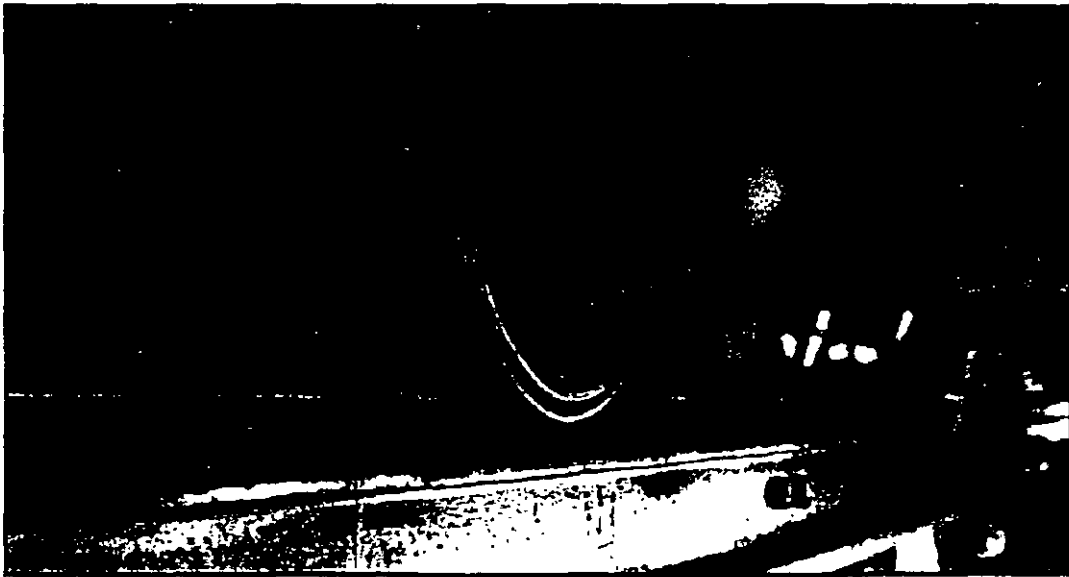
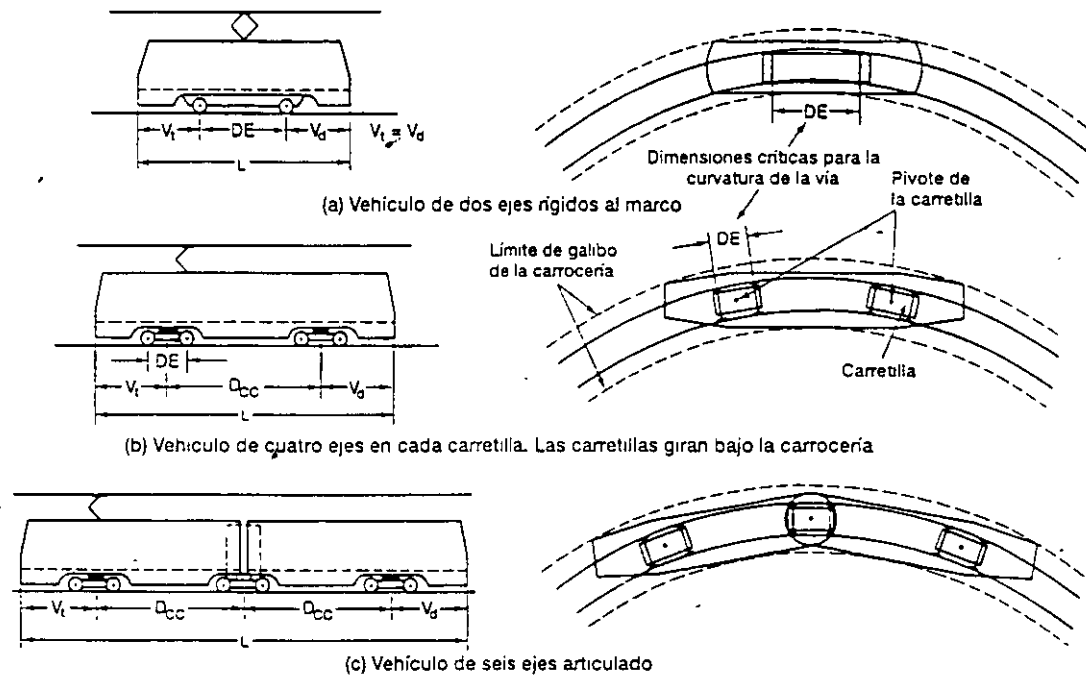


Figura 3.37.
Rueda férrea.



Fuente: Referencia [11].

Figura 3.35. Diferentes tipos de vehículos férreos: perfiles y ubicación dentro de una curva.

Otra de las razones, es que se logra una mejor distribución del peso y a la vez es factible la colocación de dos o tres suspensiones entre los ejes y los soportes, con lo cual se obtienen viajes mas suaves y cómodos.

Finalmente, si se considera la geometría del soporte por medio de las carretillas, se observa que de esta forma solo la mitad de cada impacto que un eje recibe se transfiere a la carrocería y con ello se logra una mayor comodidad en el viaje. La Figura 3.36 muestra que las diferencias en nivel entre un riel y otro (Δh), solo la mitad del impacto se transfiere al pivote [11].

Ruedas. En cuanto a las ruedas, éste es un elemento que transfiere el peso del vehículo a los rieles, presentando superficies planas o cónicas, como se muestra en la Figura 3.37. La guía está dada por el contacto entre la pestaña de la rueda y el interior del riel.

Con el fin de reducir el ruido que se presenta al hacer contacto dos superficies metálicas, se han diseñado ruedas como la que se muestra en la

Carretillas. Las carretillas son los componentes donde se localizan los ejes con las ruedas, los motores, frenos y otro equipo eléctrico y mecánico aún. En el caso del metro, también se ubica por lo general el equipo para recoger la energía.

La Figura 3.34 muestra el marco de la carretilla, la cual sostiene dos ejes fijados en una posición paralela y en su porción central se encuentra una placa central o articulación. Esta placa es la que carga la carrocería y a la vez permite la rotación horizontal de la carretilla con respecto a ella. Por ende, la carrocería reposa exclusivamente en estos puntos, placas o pivotes.

Las razones que llevan a la utilización de carretillas son varias siendo tres las mas importantes. Por una parte, se eliminan restricciones mecánicas en la longitud del vehículo. La Figura 3.35 muestra que la distancia entre ejes (DE) determina la longitud máxima posible del vehículo, estando ésta en función de la curvatura de la vía que el vehículo tiene que negociar. Por ello, si DE es muy pequeña, entonces se pueden negociar curvas mas cerradas que en el caso de los vehículos de dos ejes así como poder hacer uso de una longitud mayor.

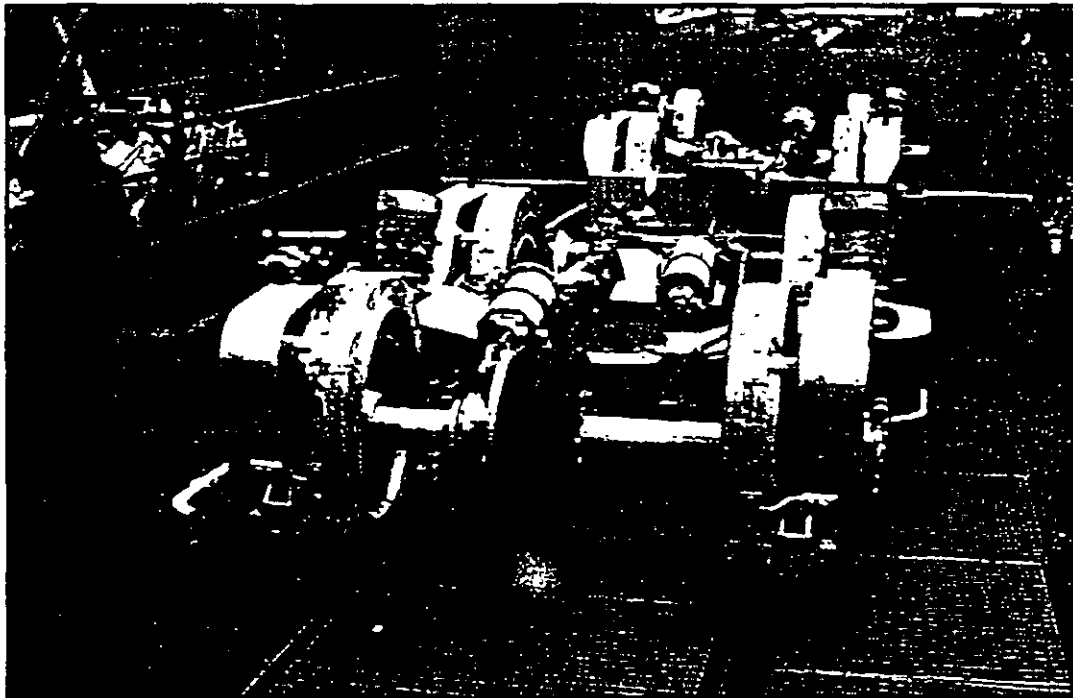


Figura 3.34.
Marco de una carretilla

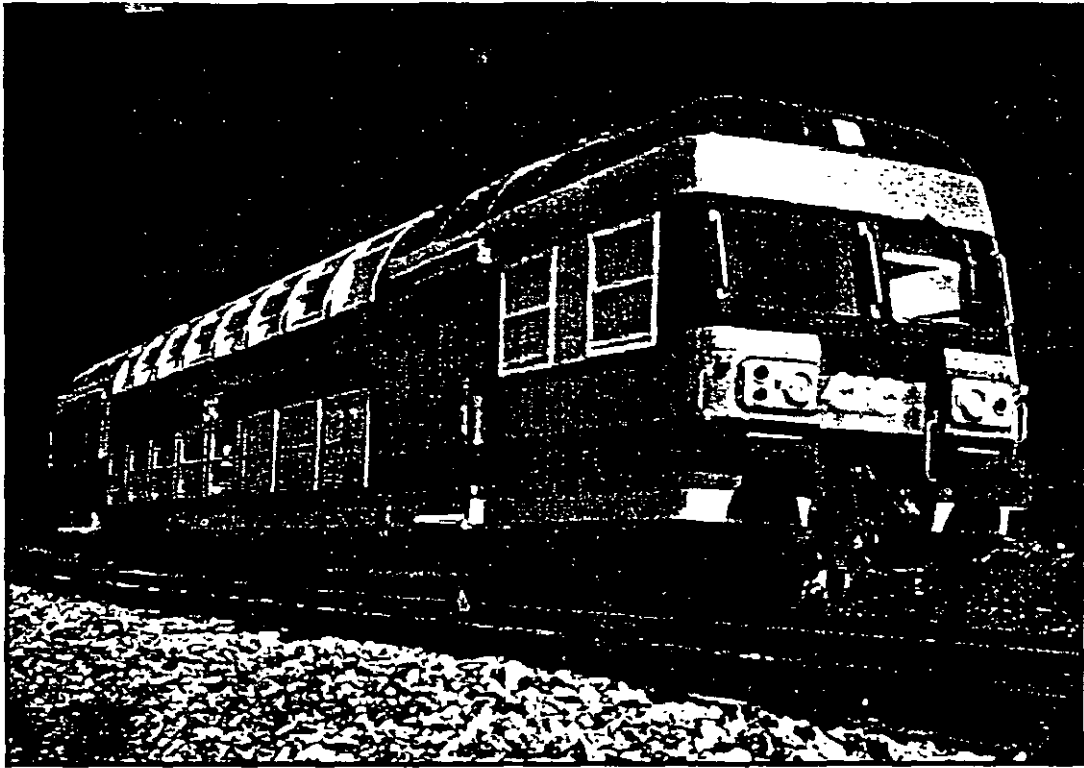


Figura 3.33.
Carro de doble piso. Foto cortesía de FIAT.

dieran darse alrededor de las puertas y la comodidad de sus asientos, además de consideraciones estéticas.

Por otra parte, el prestataro del servicio va a buscar que los costos de mantenimiento sean los menores a través del fácil reemplazo de partes y de superficies lisas, que ayuden a su limpieza. Finalmente, los costos de inversión son también importantes y van a depender del tipo de vehículo, su complejidad, los materiales utilizados, la durabilidad y la cantidad de componentes utilizados.

3.3.5 Equipo

Se considera que un vehículo férreo está compuesto por varios componentes básicos, como lo son la carrocería (aspecto tratado anteriormente), las carretillas y el sistema de recolección de energía.

ble en las curvas tanto horizontal como verticalmente. Las carretillas se ubican debajo de cada articulación así como en los extremos del carro, tal y como se muestra en la Figura 3.32.

- *Carros de doble piso.* Este tipo de carrocería se presentaba durante las primeras épocas del tranvía y todavía se pueden ver algunos ejemplos en Inglaterra y sus excolonias, tal y como se muestra en la Figura 3.33. También, a últimas fechas, se ha empezado a utilizar en trenes regionales, como los de París, Toronto y Chicago.

Existen varios factores que van afectar el diseño de la carrocería de un vehículo férreo. Así se tiene que la forma en que va a operar el sistema va a tener una ingerencia importante en el diseño por lo que los intervalos, capacidades, tamaño del personal a bordo y los costos mismos de su operación deben ser tomados en cuenta.

Asimismo, es importante considerar los aspectos que el usuario va a buscar en el vehículo, tales como los escalones, los congestionamientos que pu-



Figura 3.32.
Carro articulado (Oslo, Noruega).

3.3.4 Tipo de carrocería

Normalmente, ésta es la clasificación mas utilizada para definir los diferentes tipos de vehículos férreos. Por carrocería se entiende la porción del vehículo que contiene la sección de pasajeros, la cabina del conductor y el equipo eléctrico y mecánico. Así, se puede hablar de:

- *Carro de una sola carrocería.* Dentro de esta categoría encontramos a la mayoría de los carros del metro y tren regional, así como algunos tranvías (PCC). Presentan dos, tres o cuatro ejes, tal y como se muestra en la Figura 3.31.
- *Carros articulados.* Consiste en dos o tres cuerpos o carrocerías intercomunicadas por articulaciones. Esta configuración hace que se vea un interior continuo. La configuración permite que el vehículo se do-



Figura 3.31.
Carro de una sola carrocería (Vancouver, Canadá).

- **Carro con cabina.** Es aquel que cuenta con un mando de control y donde algunos o todos sus ejes poseen tracción. Este tipo de carro puede operar individualmente o acoplados con otros carros.
- **Carro motriz.** Es aquél que tiene en sus ejes tracción pero no controles de mando
- **Remolque.** Como su nombre lo indica, es un carro sin tracción, el cual es tirado por un carro con motor.
- **Locomotora.** Es un carro que posee motor pero es utilizado exclusivamente para remolcar trailers y no lleva pasajeros.
- **Carros A y B (pareja casada).** Son vehículos con motor, los cuales comparten algunos componentes y por ende solo pueden operar en forma conjunta. Cada uno tiene controles de mando en un sólo extremo.

Así por ejemplo, el metro de la Ciudad de México está formado por una combinación de carros con cabina, motrices y remolques.

Si se toma en consideración la forma en que operan los tipos de carros anteriormente descritos, se pueden formar varias combinaciones, siendo las mas importantes las siguientes:

- **Unidad sencilla.** Cuando se tiene un carro con cabina, generalmente de cuatro ejes, el cual es uni- o bidireccional y que pueden operar individualmente o acoplados.
- **Pareja casada y unidad de tres carros.** Son trenes que comparten tanto equipo eléctrico como mecánico. Generalmente son utilizados en el metro o trenes regionales. Cada carro depende de los demás, lo cual lo hace que no sean operables por si mismos.
- **Carro con cabina y remolque.** Son utilizados principalmente en las redes de tranvías y trenes ligeros, consistiendo en un carro motriz con cabina que remolca a un vehículo sin motor.
- **Locomotora con remolque.** Consiste en un vehículo motriz con un remolque presentándose este tipo de operación en los trenes regionales e interurbanos.
- **Unidad múltiple.** Consiste en acoplar varias unidades sencillas o pares casados, los cuales están controlados por un solo conductor. Pueden ser unidireccionales (con un solo juego de controles y puertas de un solo lado) o bidireccionales.

km/h. La Figura 3.30 muestra un ejemplo de este tipo de transporte férreo.

De lo anterior, se puede concluir que lo que diferencia a un medio de transporte férreo de otro son los siguientes aspectos:

- tipo de derecho de vía
- número máximo de carros por tren
- plataformas en las estaciones
- forma de la toma de energía (catenaria; tercer riel)
- control de recorrido (visual o por señales)
- velocidad máxima

3.3.3 Tipo de carro

Se puede clasificar el transporte férreo, según el tipo de carros que utiliza[11]. Así tenemos que:



Figura 3.30.
Tren regional (Stuttgart, Alemania).

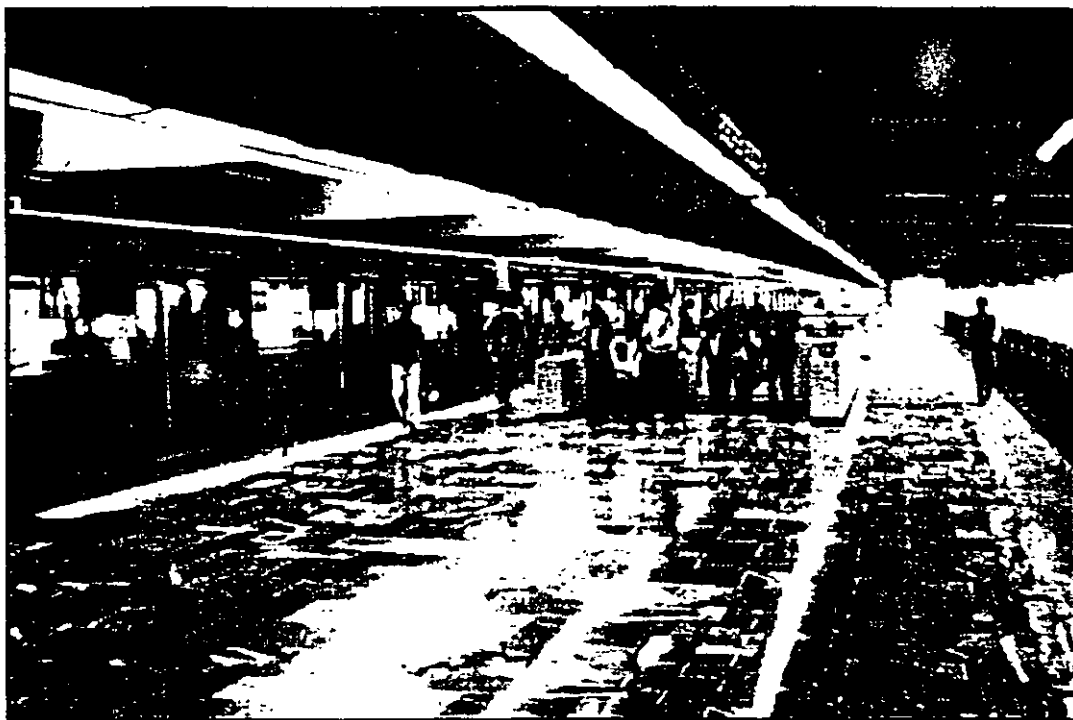


Figura 3.29.
Metro (Ciudad de México, México)

Se caracterizan por presentar grandes espaciamentos entre estaciones (del orden de los 5 km o mas) así como, longitudes promedio de viajes de 35 km. Todo ello conlleva a lograr altas velocidades y gran confiabilidad en el servicio.

Generalmente consisten en líneas radiales del centro de una ciudad de gran tamaño a puntos suburbanos, aún cuando en algunos casos se tienen líneas diametrales. Este servicio casi siempre opera en conjunción con otros medios de acceso, como lo son rutas de autobuses alimentadoras, automóviles (estacionamientos de transferencia o *aventones*) y el peatón.

Sus intervalos son regulares (20, 30 y 60 minutos) y se presenta un gran número de asientos, dada las grandes distancias de recorrido promedio. Así se tienen carros que cuentan con 130 asientos y carros de dos niveles con 175 asientos.

Sus velocidades de operación son grandes, entre los 30 y los 75 km/h, pudiendo lograr velocidades máximas hasta de 130

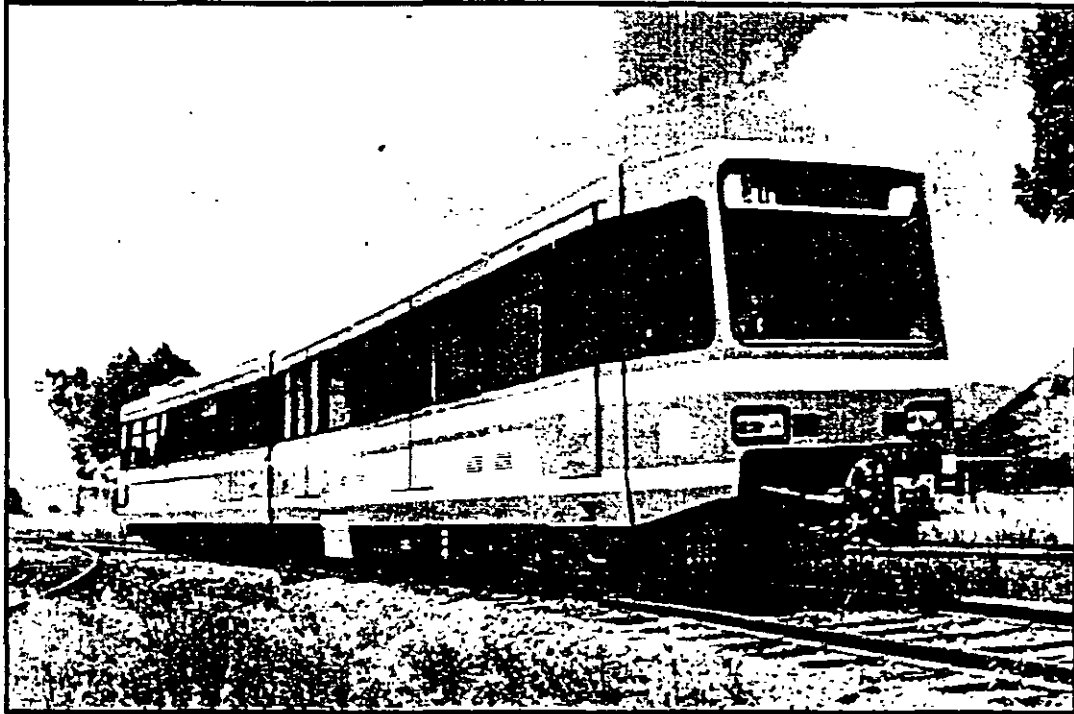


Figura 3.28.
Tren ligero (Guadalajara, México) Foto cortesía de SIEMENS, S A de C.V

Esto permite obtener capacidades máximas de 60,000 a 80,000 pasajeros por hora.

La recolección de las tarifas siempre se hace fuera de los trenes y cuentan con plataformas de acceso a los carros, lo cual permite ascensos y descensos simultáneos. Estas características hacen que los ascensos y descensos sean de 3 a 5 veces más rápidos que en el caso del tren ligero y de 10 a 20 veces más en caso de los autobuses.

En algunos sistemas de metro, se tienen estaciones sin personal, operación automática de trenes y un puesto de control central de la red. Por consecuencia, es en el metro en donde se realizan las mayores inversiones en el transporte. La Figura 3.29 muestra un ejemplo de este medio.

- **Tren regional.** Por tren regional se entiende los servicios locales de trenes interurbanos, los cuales presentan normas técnicas y operacionales muy altas. Generalmente, son operados por las compañías férreas en sus propios derechos de vía, con vehículos de tracción eléctrica o diesel.

Presenta avances tecnológicos como lo son los sistemas de comunicación con los pasajeros, controles sofisticados de los motores para evitar derrapamientos de las ruedas metálicas así como, sistemas regenerativos de energía. Asimismo, por lo general son vehículos articulados de seis u ocho ejes, los cuales presentan una longitud total que va de los 20 a los 32 metros y pueden presentar escalones para abordar a nivel del suelo o bien mediante el uso de plataformas en la cual el piso de la unidad se encuentra al mismo nivel que el de la estación.

Presenta una gran capacidad de aceleración (1 a 2 m/seg^2) así como, de desaceleración (con freno de emergencia hasta 3 m/seg^2). Sus velocidades máximas se encuentran en el rango de los 70 a 80 km/h las cuales dependen de los derechos de vía seleccionados, lo cual también repercute en las velocidades de operación que se quieren lograr (18 a 40 Km/h).

Se puede lograr, con un derecho de vía tipo A, frecuencias hasta de 90 vehículos por hora sin dificultad alguna. Este valor se puede incrementar hasta 140 , de contar con un sistema de control elaborado y una confiabilidad reducida. Esto permite considerar un volumen máximo de pasajeros del orden de $20,000$ pasajeros por hora por sentido. La Figura 3.28 ilustra este tipo de vehículo.

- **Metro.** Es el medio óptimo de transporte para un corredor de gran capacidad, en el cual su derecho de vía está completamente separado (A) y por ende, no presenta interferencias externas.

Su guía es simple y la tracción es eléctrica, y cuenta con equipos de seguridad que permiten las velocidades máximas que se puedan lograr para espaciamientos entre estaciones dadas, así como, las permitidas por la comodidad del usuario.

Su operación es siempre en trenes pudiendo llegar hasta los diez carros y cada carro cuenta con cuatro ejes. Estos trenes son operados por un conductor, lo cual implica una gran capacidad al mismo tiempo de lograr una buena productividad laboral.

La longitud total de cada carro de metro varía entre los 16 y los 23 metros, con un ancho de 2.5 a 3.2 metros. La capacidad por cada carro son del orden de 120 a 250 espacios, de los cuales del 25 al 60% son asientos.

Sus velocidades de operación van entre los 25 y los 60 km/h con frecuencias a la hora de máxima demanda de 20 a 40 trenes por hora.

El vehículo en sí, presenta de cuatro a seis ejes con una longitud total de 14 a 21 metros. Las capacidades que presentan son de 100 a 180 pasajeros, de los cuales de un 20 a un 40% van sentados. La Figura 3.27 muestra este tipo de vehículo.

- *Tren ligero*. Es la concepción moderna del tranvía, al cual se le han mejorado aspectos tanto tecnológicos como operativos. Así se tiene que es un medio de transporte que puede operar hasta con tres carros y que presenta capacidad de transportar hasta un 50% de los pasajeros sentados

Sus características de rendimiento a costo lo sitúan entre el tranvía y el metro y opera en derechos de vía predominantemente separados (B o A) a la vez de presentar la posibilidad de ramificarse y por ende hacer un mejor uso de su tramo troncal. Sus normas de alineamiento son similares a las que presenta el metro lo mismo que sus estaciones en derechos de vías exclusivos.



Figura 3.27.
Tranvía (Ciudad de México, México)

- **Propulsión eléctrica.** Al contar el transporte férreo urbano con propulsión eléctrica, se obtienen excelentes rendimientos dinámicos en los vehículos, especialmente en cuanto a aceleración. Asimismo, sus componentes mecánicos son limpios, durables y de poco mantenimiento, logrando niveles de ruido bajos así como una contaminación ambiental directa nula. Con el advenimiento de nuevos componentes tecnológicos, es posible recobrar parte de la energía que se genera durante el frenado (regeneración de energía).

Las principales desventajas de este tipo de propulsión van encaminadas a las grandes erogaciones que se tienen que realizar así como, a la limitación que se presenta en el recorrido del vehículo hasta donde se extienda la línea electrificada.

- **Separación del derecho de vía.** Es interesante notar que la falta de flexibilidad de movimiento de la tecnología férrea hace que su operación en tránsito mixto, sea inferior a los medios que cuentan con rodada neumática. Sin embargo, es mucho más fácil lograr la separación para transporte férreo ya que las vías separadas, sin pavimentar, se distinguen de otros carriles y no son invadidas por los automovilistas tal como lo son los carriles de autobuses. Asimismo, la separación del derecho de vía es esencial cuando se desea operar trenes o vehículos acoplados así como, para establecer una automatización, motivo por el cual la tecnología guiada se muestra con mayores ventajas en estos campos que la tecnología de superficie.

3.3.2 Medios de transportes férreos

Dentro del transporte férreo que se utiliza en las áreas urbanas, se pueden distinguir cuatro conceptos principales, los cuales se relacionan a continuación, presentándose sus principales características.

- **Tranvía.** Es un medio de transporte que opera generalmente con un solo carro, pero al que se le pueden acoplar una o dos unidades más. Su operación generalmente es en calles con tránsito mixto y aún cuando presenta excelentes características dinámicas, éstas no pueden ser desarrolladas en su totalidad.

Su operación en tránsito mixto hace que su confiabilidad y velocidad de operación dependan de las condiciones de tránsito, siendo éstas menores a los 20 km/h.

3.3 Transporte férreo

3.3.1 Características generales

Los medios de transporte férreo que se utilizan en las ciudades presentan cuatro características generales que los distinguen de otros medios de transporte, [11] las cuales son las siguientes:

- *Guía externa.* Al contar con una guía externa o riel, el vehículo es guiado físicamente por la vía y el operador del vehículo solo controla la velocidad del mismo. Esta característica permite que se utilice solamente el ancho mínimo necesario de derecho de vía a la vez de lograr un viaje mas cómodo. La presencia de infraestructura visible a lo largo del trayecto permite darle una mayor permanencia, al mismo tiempo que una identidad mas fuerte.

La guía externa permite operar los vehículos en trenes (acoplados) y permitir la automatización del sistema. Sin embargo, la guía externa implica grandes costos de inversión y la restricción de los movimientos a la red de vías que se han tendido.

- *Tecnología férrea.* El uso del conjunto rueda de acero y riel ha dado como consecuencia un mecanismo básico y simple para el movimiento de vehículos. Esta combinación permite tener cambios de dirección de una manera rápida, simple y sin errores. Asimismo su baja resistencia al rodamiento (10 veces menor que la que se presenta con rodada neumática) trae como consecuencia inmediata un consumo muy bajo de energía por tonelada de peso.

Por otra parte, aun cuando la tecnología férrea es representativa de un sistema guiado, ésta permite la operación con tránsito mixto así como con cruces a nivel, a la vez de presentar un bajo costo de mantenimiento y una gran durabilidad.

La combinación de soporte y guía permite obtener comodidad en el recorrido ya que se realiza el viaje de una manera estable y suave. Sin embargo, al contar con un coeficiente de adhesión bajo, se presentan problemas con las pendientes así como, con las distancias de frenado, las cuales deben ser mucho mayores que en el caso de los vehículos de rodada neumática. Por otra parte, en el caso de tenerse curvas pronunciadas, el ruido que produce este tipo de material rodante, también es mayor.

determinadas a 7.5 m de la unidad. Para los vehículos de transporte público de pasajeros (mas de 10 pasajeros y mas de 3.5 toneladas de peso total) el límite es de 89 dB(A) si su potencia es menor a 210 HP y de 91 dB(A) en vehículos mas potentes [8].

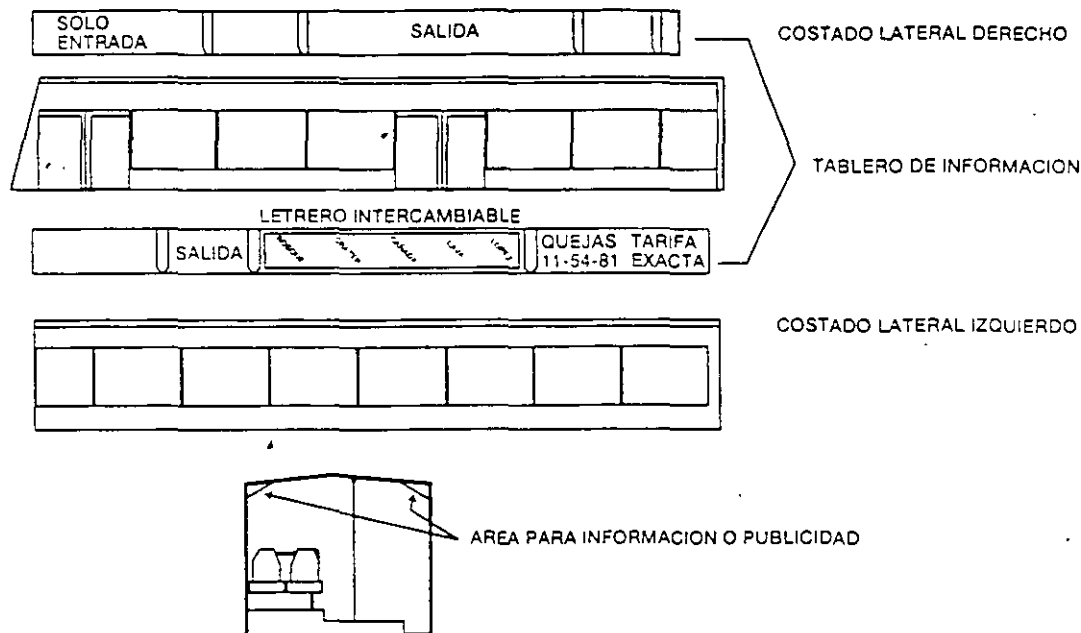
Evidentemente, los vehículos que cumplieran estrictamente estos límites, resultarían muy ruidosos y su paso, excepto por calles con fuerte circulación, se distinguiría claramente por una elevación del nivel de ruido. Este efecto, siempre molesto, será aun mas inaceptable en calles tranquilas o durante las horas nocturnas en las que el tránsito general disminuye mientras que los autobuses continúan prestando el servicio.

La mejora en los sistemas de montaje del motor, la disminución de la transmisión de vibraciones a la carrocería, y el empleo de capas de material aislante alrededor del compartimiento del motor han disminuido sensiblemente los niveles de ruido. Así, algunos fabricantes anuncian que sus vehículos producen niveles de ruido del orden de 75 a 78 dB(A) en operación. Por el momento, no parece ser posible disminuir mas estos límites ya que el ruido producido por los neumáticos, sobre todo si la vialidad está mojada, es del orden de los 75 dB(A) a velocidades de 50 a 60 km/h.

El efecto del ruido para los usuarios que viajan en la unidad es algo distinto que para las personas fuera del mismo. El efecto mas importante recae sobre la conversación, y el nivel medio de ruido debe ser tal que permita las conversaciones con tono de voz normal.

Una conversación normal entre dos usuarios en asientos contiguos es factible con un nivel del orden de los 80 dB(A). Para que pueda ser fácilmente comprendida, será preciso que el nivel medio de ruido fuera al menos 10 dB(A) inferior, lo que da lugar a que un nivel de ruido aceptable en el interior debería ser inferior a 70 dB(A). Habrá que tener en cuenta que en la conversación son especialmente importantes los sonidos comprendidos entre los 500 Hz y 4,000 Hz y especialmente entre los 1,000 Hz y 2,000 Hz, por lo que el nivel medio de ruido correspondiente a estas bandas debe ser especialmente limitado.

En los autobuses actuales con que se cuenta en México parece sumamente difícil en el corto plazo conseguir niveles de ruido tan bajos, si se considera que actualmente estos niveles sobrepasan los 85 dB(A) en el interior de las unidades.



Fuente. Referencia [2]

Figura 3.26. Ubicación interna de la información para el usuario

un esquema de la ruta y los nombres de las principales paradas. El hecho que un autobús esté asignado siempre al mismo ramal facilita la inserción de esta información.

Es importante la adecuada señalización de todos los elementos del vehículo de los que vayan a hacer uso los usuarios: puertas de entrada y salida, caja colectora de monedas en su caso, timbres de aviso de parada, y otros.

3.2.5 Ruido

El ruido producido por los elementos mecánicos ocasiona molestias tanto a los usuarios como al ciudadano que se encuentra cerca de una unidad. Desde el punto de vista del nivel de calidad del servicio percibido por el usuario, ambas situaciones tienen importancia ya que si el ruido interno puede hacer insoportable la permanencia en la unidad, el ruido externo puede predisponer a los posibles usuarios en contra del uso del vehículo.

Las normas existentes en la materia establecen límites para el nivel de ruido producido por los vehículos en marcha, y medido en condiciones pre-

tar ruidos molestos y que la corriente pueda ser capaz de arrastrar algunos objetos, se recomienda que esta velocidad no sobrepase los 4 m/seg [8].

Sistemas de aviso al operador

La solicitud de bajada se realiza en muchos casos mediante un aviso verbal al operador situación que se recomienda se cambie por un aviso mediante un timbre. Esto permitirá que desde cualquier asiento o espacio de pie, el usuario pueda accionar uno de estos pulsadores sin necesidad de desplazarse mas de un metro. Para ver el pulsador y llegar cómodamente a él, su altura sobre el piso debe estar comprendida entre 1.40 y 1.70 m. Es conveniente instalar un pulsador visible en la propia puerta de salida, fácilmente alcanzable desde el escalón superior de la escalera de descenso, para aquellos usuarios que hubieran olvidado anunciar su bajada con anterioridad.

El timbre de aviso se colocará cerca del operador, pero es conveniente que lo escuchen también los usuarios, o bien, que tuvieran alguna otra confirmación de que su llamada va a ser atendida. Una solución utilizada en otros países es el encendido de un anuncio luminoso, visible para el conductor y el usuario, el cual sirve de recordatorio para el primero y de confirmación para el segundo y que se apaga tras la apertura de la puerta. Los pulsadores deben ser visibles y fácilmente identificables por el usuario, para lo cual se debe incluir alguna indicación gráfica de su función.

Información a los usuarios

Toda la información que se ofrezca al público siempre resulta bien recibida. En muchos casos, el usuario recurre al operador con el fin de aclarar dudas respecto al recorrido o algún otro tema, lo cual puede ser causa de distracciones para el operador. Por consiguiente, es deseable contar con otras formas de información, aunque la experiencia demuestra que es imposible eliminar las preguntas al personal de la empresa.

La información puede representarse gráficamente, en las paredes de la unidad, sobre las puertas y ventanas o en la parte posterior del lugar del operador. Así se puede dar información sobre tarifas, o sobre derechos y obligaciones de los viajeros. La Figura 3.26. ilustra un ejemplo de la ubicación de esta información.

Será interesante dar información sobre las paradas a lo largo de la ruta. Esta información deberá ser, al menos, igual a la incluida en las paradas con

Las fuentes luminosas mas empleadas son de tipo fluorescente y su colocación puede hacerse en el techo ya sea en su parte central, en hilera o formando grupos; o en las zonas laterales con plafones difusores. Esta última configuración puede tener menor rendimiento pero permite conseguir una iluminación uniforme y agradable. En las puertas de entrada y salida, en el lugar del operador y zona de cobro se deberá contar con fuentes de iluminación adicionales.

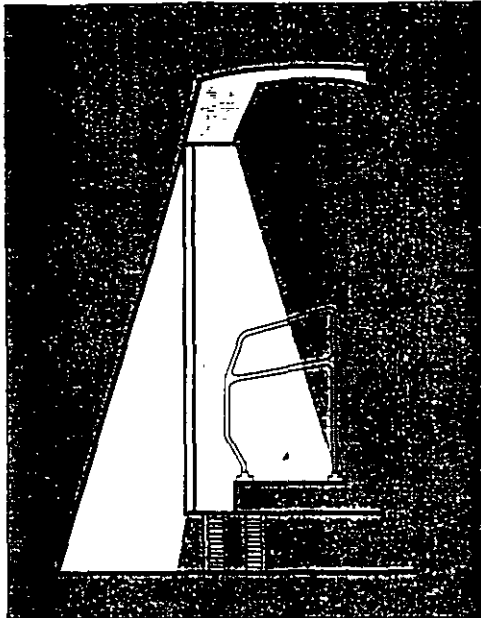
Ventilación

Es necesario renovar el aire con cierta frecuencia con el fin de mantener dentro de los niveles aceptables el contenido de bióxido de carbono, vapor de agua y sobre todo de sustancias que produzcan sensaciones olfativas desagradables en lugares donde varias personas permanecen un tiempo en un espacio cerrado. Las normas que se emplean para la ventilación de habitaciones y oficinas suelen calcular la renovación del volumen de aire del orden de 15 a 20 veces por hora por persona que no fuma y unas dos o tres veces mas por aquéllas que fuman.

La ocupación del vehículo va variando a lo largo del viaje por lo que no es necesario disponer una ventilación para la capacidad total de la unidad. Al ser el volumen del autobús por espacio disponible del orden de 0.7 m^3 , se puede suponer un volumen ocupado por pasajero de 1 m^3 , por lo que para conseguir una ventilación de 20 m^3 por hora, será necesario renovar 20 veces cada hora el contenido total de aire en el autobús.

Parte de esta renovación se hace durante la apertura de las puertas en las paradas y por la entrada de aire por las ventanas. Sin embargo, debe disponerse de otros sistemas de ventilación que permitan renovar el aire en el interior unas 12 veces por hora como mínimo. El uso de fallebas en el techo que permitan la entrada y salida del aire durante el movimiento de la unidad es una las soluciones a considerar. La falleba delantera permitirá la entrada del aire y la trasera facilitará la salida del aire viciado.

La circulación del aire dentro del vehículo se realizará de forma que su velocidad se mantenga dentro de ciertos límites. Si es muy lenta (menor a 5 cm/seg) el ambiente resulta sofocante sobre todo en días calurosos mientras que las velocidades superiores a 20 cm/seg resultan desagradables. Por ello, es conveniente contar con velocidades cercanas a los 10 cm/seg , velocidades que se registran a la altura de la cabeza de los usuarios sentados. En las salidas de aire, la velocidad puede ser considerablemente mayor, pero para evi-



Fuente: Referencia [9, 10].

Figura 3.24. Iluminación interior y exterior de los accesos al vehículo

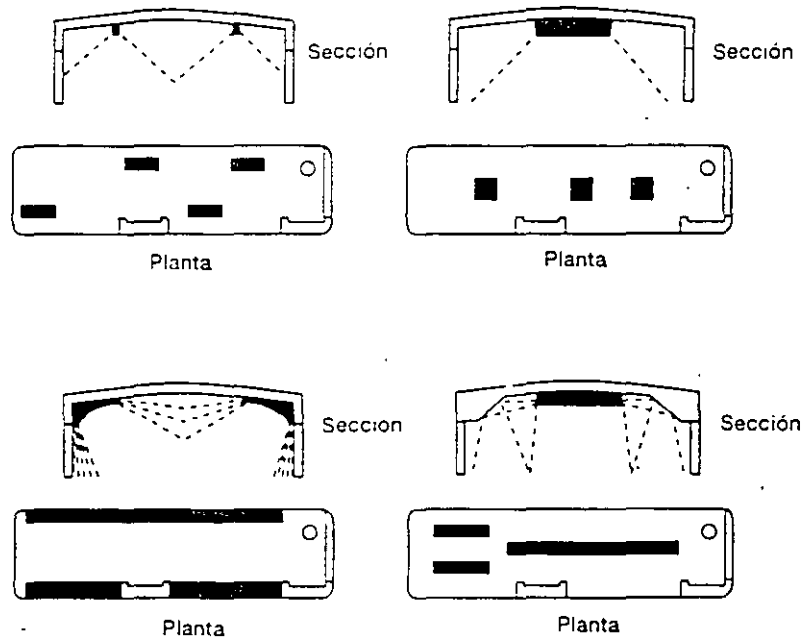


Figura 3.25. Ubicación del alumbrado

Es fundamental que el aspecto interior de la unidad se conserve durante la vida de servicio del vehículo. Para ello es necesario que la suciedad y los desperfectos puedan corregirse fácilmente por lo que se recomienda el empleo de revestimientos en paredes y techos de colores claros y superficies lisas. Estos revestimientos no deben cargarse electrostáticamente (para no recoger polvo) y deben ser suficientemente duros para no ser rayados por objetos que lleven los usuarios. Conviene evitar los ángulos no redondeados o las aristas vivas así como todos aquellos elementos que puedan acumular suciedad.

El uso de material antiresbalante en el piso permite, una buena adherencia de la suela del zapato con el piso. Al ser la parte del interior del vehículo mas propensa a la suciedad, está debe ser de un color que disimule las manchas, mientras que el material debe permitir una limpieza fácil mediante agua a presión y cepillado. Para ello conviene eliminar todos los elementos que impidan el empleo de cepillos o la circulación del agua; será importante que los ángulos estén redondeados y emplear el menor número posible de soportes para los asientos. Al mismo tiempo, se deberán evitar zonas angostas en las que no pueda entrar el cepillo.

3.2.4 Instalaciones

Iluminación

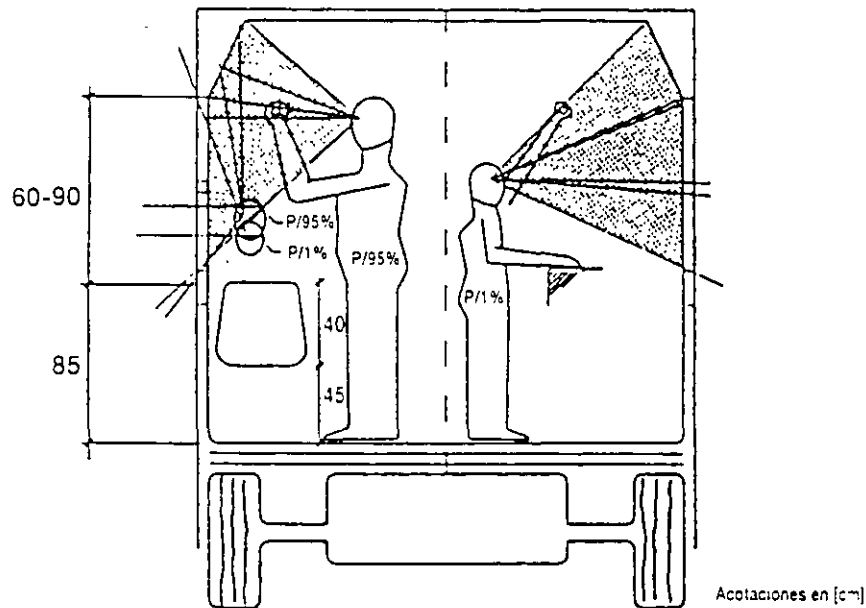
El objetivo principal de la iluminación es mantener un nivel de seguridad adecuado durante la noche, permitiendo que los pasajeros se muevan en el interior y en las escaleras de acceso con la misma facilidad que durante el día. Para ello, es necesario conseguir un nivel medio de iluminación a una altura de un metro sobre el piso del orden de los 80 a 100 lux [8]. Es conveniente colocar una fuente complementaria de luz en escaleras, puertas y zona de control de boletos, tal y como se muestra en la Figura 3.24. Asimismo, se deberá cuidar la uniformidad de la iluminación dentro de las unidades ya que las zonas que resulten peor iluminadas parecerán poco seguras a los usuarios. La Figura 3.25. muestra las ubicaciones recomendables para la colocación de las fuentes de alumbrado.

El inconveniente que puede presentar el alumbrado interior es la producción de reflejos en el parabrisas que impiden la visión del exterior al operador. Para impedirlo, dos son los aspectos que hay que considerar: el empleo de un parabrisas apropiado y una disposición de las fuentes luminosas que lo eviten.

horizontal y la superficie que pueda abrirse debe ser de un 20% a un 30%. La Figura 3.23. muestra los casos de visibilidad de un usuario en el interior de la unidad, considerando tanto el 95 percentil como el 5 percentil de los usuarios mexicanos [8].

Aspecto interior del vehículo

El vehículo debe aparecer limpio, sin elementos rotos o en mal estado y resultar estéticamente agradable. El interior debe resultar de aspecto sencillo y funcional. La forma y color de los asientos, las dimensiones de las ventanas y la distribución de los pasamanos determinan, en gran medida, el aspecto interior de la unidad. Una correcta disposición de estos elementos presentará un aspecto agradable. A ello, contribuirá una buena combinación de colores en asientos y paredes. El empleo de carteles publicitarios en el interior cumplirá la normatividad que se establezcan y presentará un aspecto agradable y un contenido que no debe molestar al público usuario.

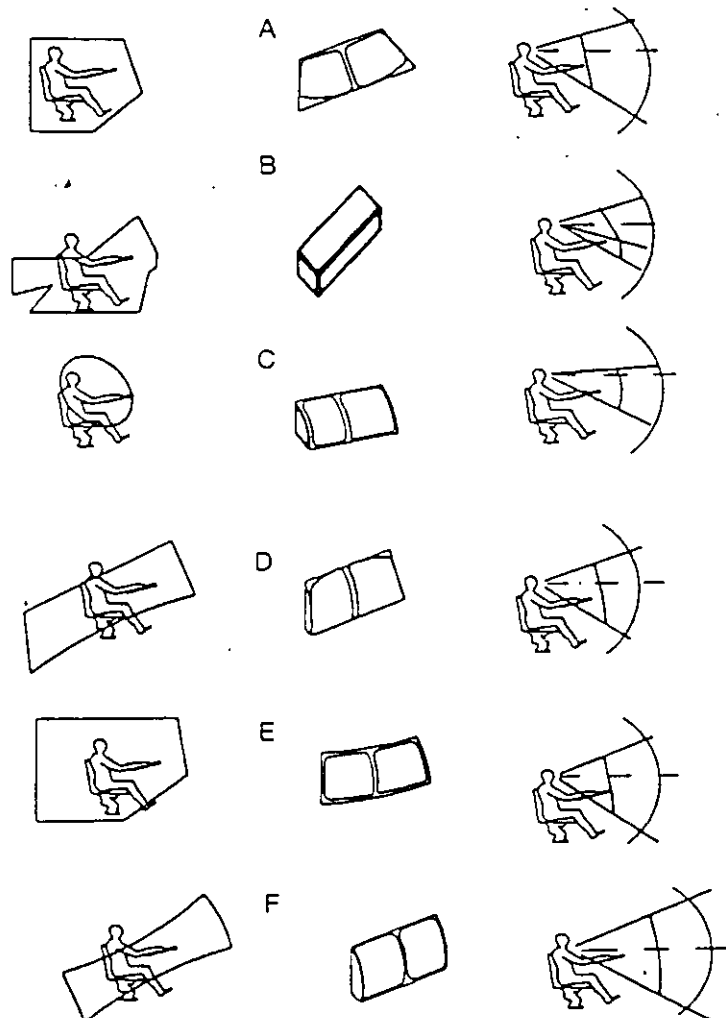


Fuente. Referencia [2]

Figura 3.23. Visibilidad del interior de la unidad

Los parabrisas deben tener una forma tal que por las noches el conductor no vea reflejado en él el interior del autobús iluminado. La Figura 3.22 muestra seis parabrisas diferentes, las áreas de reflejo y los conos de visibilidad de cada uno de ellos [10].

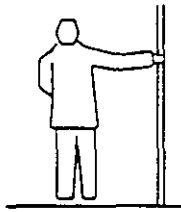
Las ventanas deben abrirse por la parte superior a partir de una altura mínima sobre el piso de 135 cm. El desplazamiento de los vidrios debe ser



Fuente: Referencia [10].

Figura 3.22.
Formas de parabrisas con las áreas de reflejo y conos de visibilidad

esfuerzos a que pueden estar sometidos durante un frenado de emergencia de tal forma que resista la fuerza de tracción en el brazo para distintas desaceleraciones [10], tal y como se muestra en el Cuadro 3.4.

DIRECCION DEL MOVIMIENTO (←)	DESACELERACION (m/s ²)	FUERZA DE TRACCION EN EL BRAZO (Kp)
	1.3 (Desaceleración normal)	23
	3.3 (Desaceleración promedio)	31
	5.2 (Desaceleración fuerte)	65
	7.0 (Frenado de emergencia)	77

Fuente: SNV/VoV *Fairgestbedienung*. Dusseldorf: Alba Buchverlag. 1980.

Cuadro 3.4.
Fuerza de tracción en el brazo de un usuario.

Visibilidad desde el interior de la unidad

Se considera importante que los usuarios dentro del autobús vean perfectamente el exterior ya que solo así sabrán por donde van para prepararse a salir cuando se acercan a su destino. Los pasajeros de pie son los que se encuentran en peores condiciones, especialmente las personas más altas. Por ello, es adecuado que la altura de la parte superior de las ventanas en las paredes laterales y la trasera se encuentre al menos a 1.80 m sobre el piso del área destinada a usuarios de pie. Para que los pasajeros sentados puedan ver cómodamente por encima del borde inferior de la ventana, es recomendable que ésta se encuentre entre 40 y 60 cm sobre el plano del cojín, condición que se cumple si se utilizan ventanas del orden de 90 cm de altura.

La parte trasera debe contar con una ventana del mismo tamaño que las laterales, con el fin de que permita al usuario que viaja en la parte posterior del vehículo ubicarse durante el recorrido de la unidad. En la parte frontal, la condición determinante de la disposición del parabrisas es la visibilidad desde el puesto del operador. Se recomienda que el borde inferior del parabrisas esté a menos de 77 cm del piso y que la altura del parabrisas sea mayor a los 75 cm. Además, para mejorar la visibilidad en el lado derecho, la colocación de una luna suplementaria en esta pared es necesaria.

rios de pie, sobre todo niños. Su inconveniente es que para muchas personas ofrecen una sujeción insuficiente y tienden a ocupar mayor espacio que el que utilizarían con barras verticales.

En vestíbulos destinados exclusivamente a usuarios de pie pueden colocarse, en las paredes del contorno barras horizontales situadas a una altura sobre el piso del orden de 90 a 100 cm, como se muestra en la Figura 3.21. Estas barras pueden servir no solo como medio de sujeción sino que también permiten apoyarse en ellas, cuando el vestíbulo no está muy lleno.

Para comprobar si la ubicación de las barras es la adecuada habrá que ver si una persona de pie en cualquier punto de la superficie destinada a ellos puede alcanzar dos puntos donde sujetarse, de los que, al menos uno, esté a una altura no muy distante del centro de gravedad del cuerpo humano. Esto implica que ningún punto de apoyo esté a más de 1.80 m por encima del piso ni a menos de 75 cm; y que al menos uno esté a menos de 1.50 m del piso.

Para permitir que la mano cierre bien sobre el pasamanos, son más cómodas las barras cilíndricas de 3.5 a 4 cm de diámetro que los perfiles cuadrados utilizados en algunos autobuses. Con el fin de evitar daños a la mano, la barra deberá estar separada de la pared más de 4 cm. En los asientos es necesario estar en condiciones de colocar la palma de la mano, lo que exige un ancho mayor de 10 cm.

La superficie de las barras deberá estar perfectamente lisa y limpia. Las barras se sujetarán a la carrocería de forma tal que resistan sobradamente los

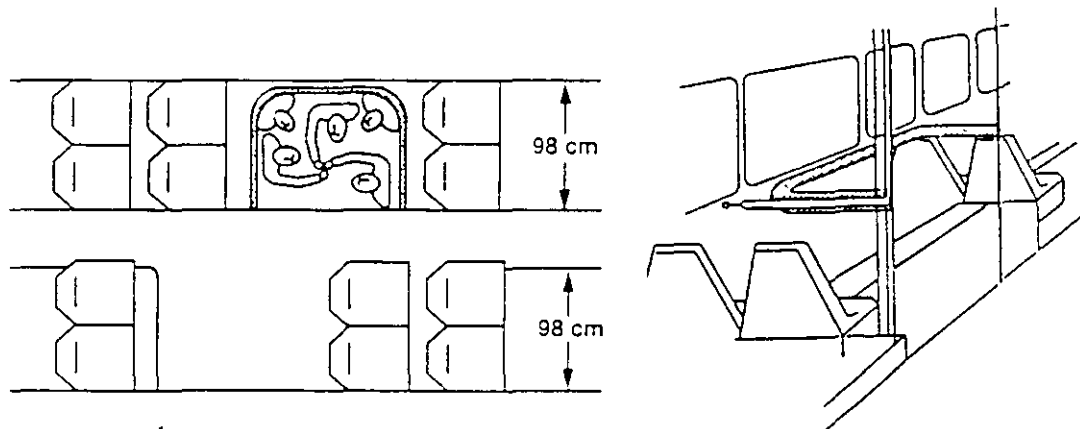


Figura 3.21.
Barras y pasamanos

Los mayores problemas se presentan en los pasillos en donde puede haber pasajeros de pie; en donde los usuarios se desplazan y; en donde los pasajeros entran o salen de los asientos. Para favorecer el movimiento de los usuarios será conveniente emplear una barra continua a la que se sujetan mientras avanzan. Pero para que esta barra no impidiera el acceso a los asientos, hace falta colocarla a más de 1.80 m sobre el piso del pasillo y en este caso muchos usuarios mexicanos no pueden utilizarla ni estirando el brazo todo lo posible y solo un 5% lo puede utilizar con comodidad. Esta situación puede mejorarse en caso de instalar agarraderas colgadas del pasamanos.

Para los usuarios que permanecen de pie, el medio de sujeción más cómodo lo representan las barras verticales, donde cada usuario se sujeta a la altura que más le convenga. Si se adosan estas barras verticales a los respaldos de los asientos como se muestran en la Figura 3.20, no estorban la entrada y salida de los asientos y permiten a los usuarios de pie colocarse a lo largo del pasillo dejando una zona libre. El principal inconveniente de las barras verticales es el aspecto abigarrado del interior cuando son muy numerosas.

Para levantarse fácilmente de los asientos, conviene contar con agarraderas colocadas en el respaldo de los mismos, como se muestra en la misma Figura 3.20. Dada la altura a que están, pueden también utilizarlos los usua-

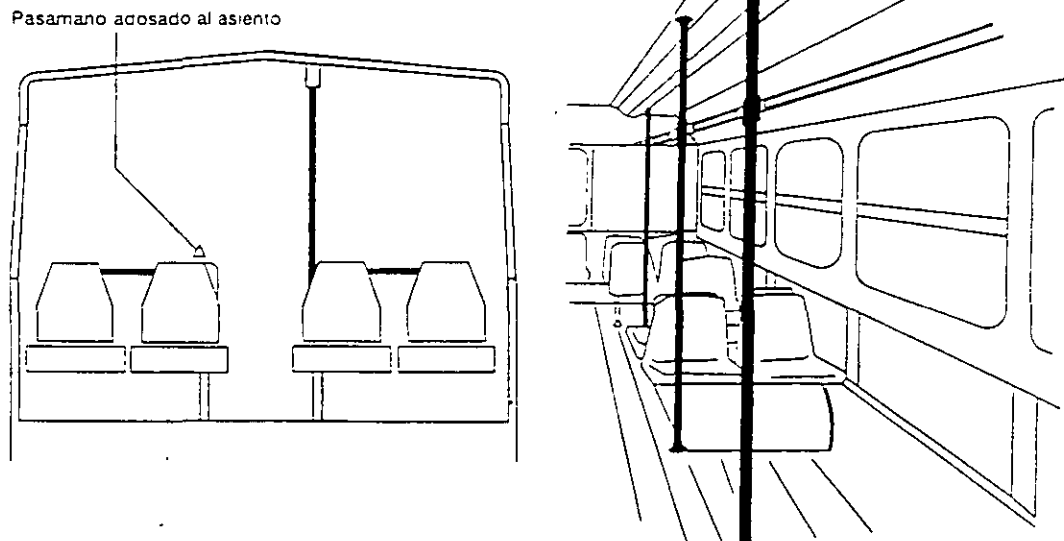
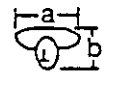
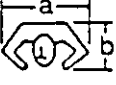
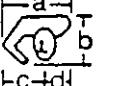
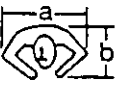
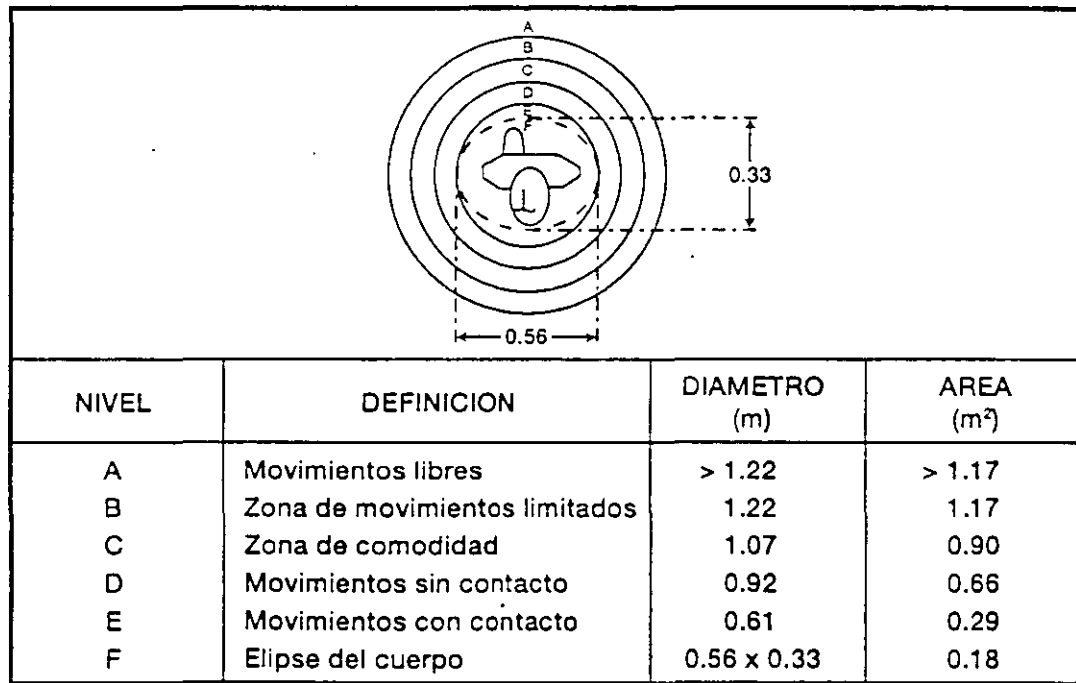


Figura 3.20.
Pasamano adosado a los asientos.

POSTURA	MEDIDAS GENERALES (m)				AREA (m ²)
	a	b	c	d	
	0.56	0.33			0.18
	0.81	0.45			0.36
	0.63	0.45	0.35	0.28	0.28
	0.56	0.60			0.34

Cuadro 3.3. Areas y medidas antropométricas de un usuario mexicano de pie.



Fuente: SNV/VOV. *Fahrgestbedienung*. Dusseldorf: Alba Buchverlag. 1980.

Figura 3.19. Zonas de movimiento y comodidad de un usuario

Espacio para pasajeros de pie

Se deben considerar dos aspectos principales. Primero, se debe conocer el número máximo de pasajeros de pie que pueden admitirse de forma que el viaje resulte relativamente cómodo y a la vez permitir el desplazamiento de otros usuarios en el interior de la unidad mismo que normará la calidad del servicio que se preste al usuario. Segundo, se debe determinar el número de personas que pueden entrar en el autobús, aunque su posición en el interior no sea muy cómoda y resulte difícil su movimiento, lo que determina la capacidad en circunstancias de máxima demanda, siendo este parámetro el básico para calcular la resistencia y potencia de la unidad.

Finalmente, la capacidad de aceptar pasajeros de pie esta en función del área supuesta que un usuario ocupa. Así se tiene que para el diseño estructural se utilizan áreas por pasajeros de 0.10 a 0.15 m², mientras que para el cálculo de las capacidades máximas se manejan áreas de 0.20 m². Finalmente, los valores aceptables para ofrecer comodidad al usuario varían de 0.25 a 0.35 m².

Generalmente se acepta como valor máximo de capacidad vehicular 8 usuarios por m², aun cuando en estas condiciones resulta imposible moverse sin causar graves molestias a los demás usuarios. Se considera que una densidad de 6 pasajeros por m² permite que el usuario se pueda mover a una velocidad de 0.5 m/seg, lo que hace que en promedio el usuario necesite entre 5 y 10 segundos para llegar a la puerta de salida, según la configuración de asiento que se elija.

En este sentido, vale la pena observar el Cuadro 3.3 así como la Figura 3.19 [9] en las cuales se señala las áreas y medidas antropométricas de un usuario mexicano de pie así como las zonas de movimiento y comodidad de un usuario, respectivamente.

Pasamanos en el interior del vehículo

Los pasamanos satisfacen una serie de condiciones que a veces resultan contradictorias. Para el usuario que quiere utilizarlos, es preciso que ofrezcan un punto de apoyo cerca del centro de gravedad de su cuerpo, pero a su vez es necesario que no estorbe el movimiento de otros usuarios dentro del vehículo. Asimismo, la disposición de estos elementos influirá decisivamente en la ubicación de los usuarios de pie dentro del vehículo y por lo tanto en los desplazamientos que se realicen.

del asiento entre los 40 y los 50 cm, recomendándose una altura de 43 cm, conforme a las dimensiones antropométricas del mexicano.

El claro libre entre respaldo y respaldo tiene gran importancia en la comodidad del usuario que va sentado y en la facilidad de acceso al asiento. Si el usuario que va sentado puede estirar las piernas por debajo del asiento anterior, un claro libre entre los 65 y los 70 cm permite a la mayoría de los pasajeros adoptar una postura cómoda.

Generalmente los asientos se disponen de forma que los pasajeros estén sentados en el sentido del movimiento. Quizá por costumbre, casi todos los usuarios prefieren esta orientación.

Por otra parte, en la zona de las tolvas de las ruedas es conveniente disponer los asientos de otra forma, ya sea longitudinalmente y orientados hacia el interior del vehículo o transversalmente en sentido contrario al movimiento. Por ello, aunque parece recomendable orientar todos los asientos en el sentido del movimiento, debe dejarse la posibilidad de usar otras orientaciones para resolver algunos problemas especiales.

El número de asientos mínimo recomendable se sitúa entre los 1.3 y 1.5 asientos por m² de superficie disponible para el usuario. Las dimensiones de los asientos recomendables, las cuales se muestran en la Figura 3.18.

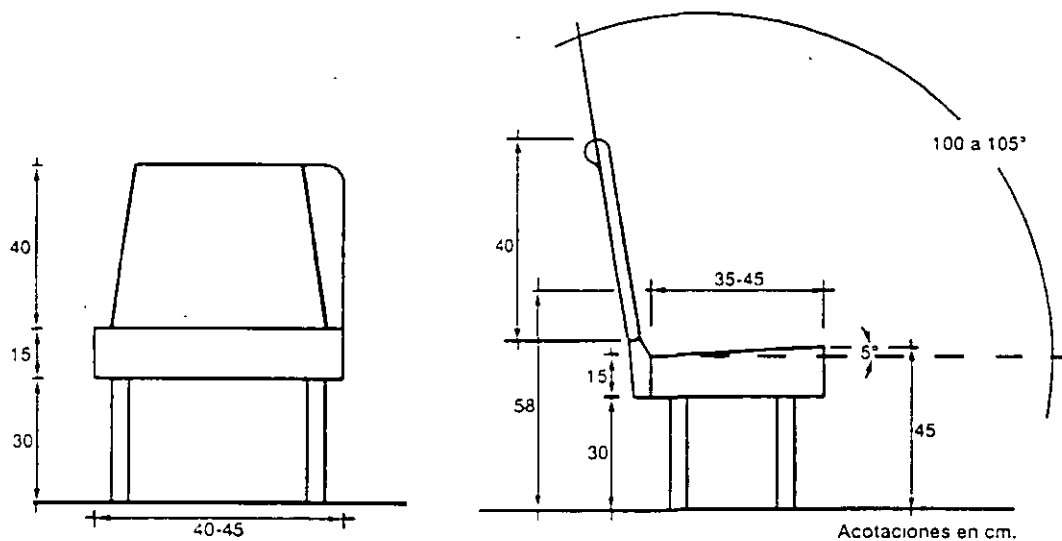


Figura 3.18.
Dimensiones de un asiento.

Un pasillo diseñado según las consideraciones anteriores asegura el paso a los usuarios, siempre que no haya otros de pie, situados a lo largo del mismo. Cuando el usuario que avanza por el pasillo encuentra a otro parado, ambos pasajeros se colocan paralelamente al eje del pasillo para cruzarse, andando de costado. La marcha del que avanza será relativamente lenta, pero puede pasar frente al pasajero sin molestarle, siempre que el ancho del pasillo sea de un mínimo de 65 cm (ancho de un pasajero, visto de lado: 32.8 cm). Si se tiene en cuenta que un usuario puede ocupar alrededor de 45 cm de la longitud de pasillo, resulta que con pasillos de ese ancho es posible avanzar sin molestar a otros, siempre que exista como máximo unos 4 pasajeros por m² de pasillo. En un pasillo de 65 cm, los viajeros son tantos que se forman 2 filas continuas, espalda contra espalda (7 u 8 pasajeros por m²), lo cual hace difícil avanzar por él. Por ello, cuando se pretende que los pasillos sirvan como zona para pasajeros de pie, habrá que asegurarse que sea posible avanzar, estableciendo una densidad de pasajeros por metro cuadrado que lo permita.

Asientos

Como los recorridos en el transporte público son relativamente cortos, no es necesario que los asientos sean extraordinariamente cómodos, sino que basta con que no sean molestos y sobre todo que sea fácil sentarse y levantarse.

Para que el cojín del asiento resulte cómodo su profundidad debe ser adecuada ya que un cojín corto resulta molesto para personas altas, pero es aun peor el efecto de uno demasiado largo ya que impide doblar bien las rodillas.

Por ello, la profundidad del cojín debe ubicarse entre los 35 y 45 cm, recomendándose 45 cm, aunque un mínimo de 40 cm resulta aceptable. Son mas cómodos los cojines que presentan una inclinación de 5° hacia atrás, sin que se justifiquen inclinaciones mayores que dificulten el levantarse del asiento así como el paso de otros usuarios delante de la persona sentada. La superficie debe favorecer la transpiración y permitir su limpieza completa.

El respaldo debe sujetar bien la región lumbar, pero no es de esperar que en estos trayectos la gente se apoye completamente en el respaldo. Por ello, un respaldo con una altura mínima entre los 40 cm y 45 cm, con un ancho igual al del cojín puede resultar satisfactorio. Una cierta inclinación del respaldo puede hacerlo mas cómodo, pero si la inclinación es excesiva impedirá el acceso a los asientos posteriores, por lo que no se recomienda que ésta sea mayor a los 15°.

Es importante que el usuario pueda estirar sus piernas por debajo del asiento anterior, lo que le permite acomodarse, lo que se logra con alturas

exterior y con un área de circulación central adecuada. Sin embargo, la posición de los asientos resulta molesta para el usuario que va sentado debido a la interacción con el pasajero de pie y los movimientos laterales que sufre durante el proceso de aceleración/desaceleración. Por ello, es factible pensar en distribuciones de asientos que promuevan una mayor comodidad y respeto del espacio personal.

La distribución de asientos recomendable se muestra en la Figura 3.17. En vehículos con anchos menores a los 240cm se recomienda utilizar la distribución 2+1, mientras que en unidades con anchos entre los 250 y 260cm, es factible utilizar la configuración 2+2 pero lográndose un pasillo angosto. En vehículos de 260 a 290cm (tren ligero y metro) se logra fácilmente una distribución de 2+2 y con unidades con anchos menores a los 300cm, se utilizan configuraciones de 3+2. Es importante tener presente que los asientos transversales resultan mas cómodos para los usuarios que los longitudinales, al estar el usuario en estos últimos sujeto a fuerzas laterales que a las fuerzas frontales que se presenta en los primeros.

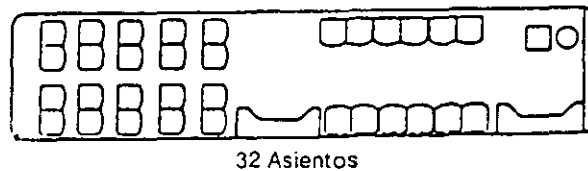
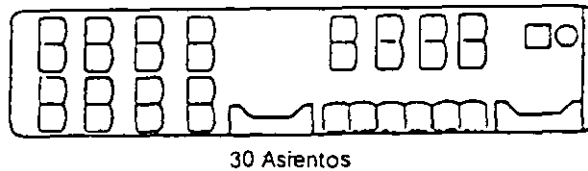
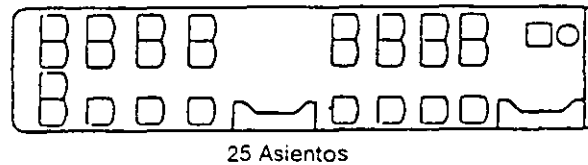


Figura 3.17.
Ejemplos en la disposición de los asientos.

permite una mayor rapidez en la entrada. En este caso, el tiempo necesario de abordaje se verá afectado por la forma de pago.

En ambos casos es recomendable asegurar un vestíbulo el cual funciona como un área de transición entre las puertas y el pasillo central.

Altura libre en el interior

Para permitir el paso de las personas más altas, en base a la antropometría del mexicano, excepto en un porcentaje menor al 5%, es suficiente una altura libre de 1.80 m. Sin embargo, dadas las dimensiones del autobús, esta altura produce claustrofobia a muchos usuarios. Además, si se desea conseguir un funcionamiento adecuado del sistema de ventilación, será necesario prever un espacio libre por encima de las cabezas de los usuarios de pie, lo que lleva a una altura interior mayor a los dos metros.

Por otra parte, para que el usuario que vaya de pie pueda ver el exterior, es preciso que las ventanas tengan su borde superior a más de 1.80 m sobre el piso por ello es necesario determinar una altura interior superior a los 2 m.

En las áreas de asientos, la altura interior puede ser algo menor, pero debe permitir que el usuario se ponga de pie sin miedo a pegar con el techo, por lo que parece conveniente disponer al menos de 1.80 m. Si todos los pasajeros fueran siempre sentados, es suficiente establecer esta misma altura de 1.80 m en todo el vehículo.

Diseño de los pasillos

Cualquier usuario debe estar en condiciones de avanzar por el pasillo sin tropezar con los asientos o pasamanos. Para ello es necesario que el ancho del pasillo sea superior al cuerpo de los usuarios, especialmente a la altura de caderas y hombros. Como los pasajeros han de avanzar cuando el vehículo está en movimiento es necesario considerar un ancho extra relativamente importante, para tomar en cuenta las oscilaciones en la marcha. Si se consideran las dimensiones de la antropometría del mexicano se puede decir que son necesarios anchos mínimos de pasillo del orden de 40 cm a nivel de la cadera, y de 56 cm a nivel de los hombros, para el 95% de los usuarios.

La distribución de asientos encontrada en algunas ciudades mexicanas y en especial en el norte del país corresponde a una distribución longitudinal con un pasillo central. Esta distribución permite un pasillo libre superior a los 120cm, con lo que se logra ubicar a dos líneas de usuarios mirando hacia el

las calles, ya que las aceras no pueden estar muy elevadas respecto al arroyo, siendo más frecuente que esta elevación sea de unos veinte centímetros. Evidentemente, no será posible eliminar la diferencia de alturas entre autobús y acera, pero cuanto más pequeña sea, más cómoda resultará la escalera de acceso.

Escaleras de acceso al autobús

Para buen número de personas de cierta edad o con defectos físicos el ascenso al autobús, o el descenso, resulta la operación más difícil de todo el viaje.

El primer escalón no puede ser muy bajo, para evitar que roce con las aceras o con la calzada en cambios bruscos de rasante. Así por ejemplo, en los autobuses utilizados en la Ciudad de México la distancia entre la parte más baja de la carrocería y el arroyo es del orden de unos 30 cm lo que lleva a una altura sobre el arroyo para el primer escalón de unos 35 cm. Con una acera de 20 cm, la altura a subir sería unos 15 cm, cómoda para la mayor parte de los usuarios. En cambio, en caso de no existir la acera, los 35 cm resultan excesivos para algunas personas, en especial personas mayores de edad y niños.

Si se supone una altura del suelo sobre el piso del autobús de 85 cm, será necesario utilizar, además del primer escalón (35 cm) otras dos alturas de 27.5 cm cada una y las huellas correspondientes serían, como mínimo, de 35 cm.

El ancho de los escalones debe ser prácticamente igual al de la puerta. Si se emplean puertas abatibles hacia el interior, es necesario dejar un espacio en los extremos del primer escalón para permitir la apertura de la puerta, lo que hace que el ancho quede reducido a unos 90 cm, para el caso de puerta de doble canal, tal y como se muestra en la Figura 3.13 anteriormente comentada.

Para facilitar el uso de las escaleras es necesario emplear algún sistema de sujeción (pasamanos). En las puertas de doble canal es sencillo colocar un pasamanos al centro de la puerta y si las puertas son plegables, o abatibles hacia el interior, los pasamanos laterales van en la cara interna de la puerta y quedan en la posición debida al abrirse ésta.

3.2.3 Interior del vehículo

Area de vestíbulos

Un acceso fácil a las puertas permite que el tiempo de salida de los usuarios se determine básicamente por el ancho de la puerta y no tanto por los estrechamientos en los pasillos. De la misma forma, un acceso cómodo al interior

la posibilidad de abrir las puertas directamente en caso de falla del mecanismo de mando, tanto desde el interior como desde el exterior así como la imposibilidad de mover el vehículo, si no están las puertas cerradas.

Altura del piso del autobús sobre la vialidad

Actualmente, se pueden llegar a alturas del piso del autobús al suelo del orden de 65 cm. Existen muchos autobuses que, con motor trasero debajo del piso, cumplen estas especificaciones; sin embargo, el equipo utilizado en muchas de nuestras ciudades presentan alturas de 98 a 88 cm.

La altura del piso del vehículo determina el número escalones y la altura misma de ellos y por ende la accesibilidad a la unidad, por lo que alturas entre los 75 y los 90 cm son las recomendadas en un gran número de sistemas de autobuses.

Desde el punto de vista de los usuarios, es preferible que la altura del piso del autobús sobre la acera fuera nulo, tal y como ocurre en las estaciones de metro. En la práctica, es imposible conseguirlo en las paradas situadas en

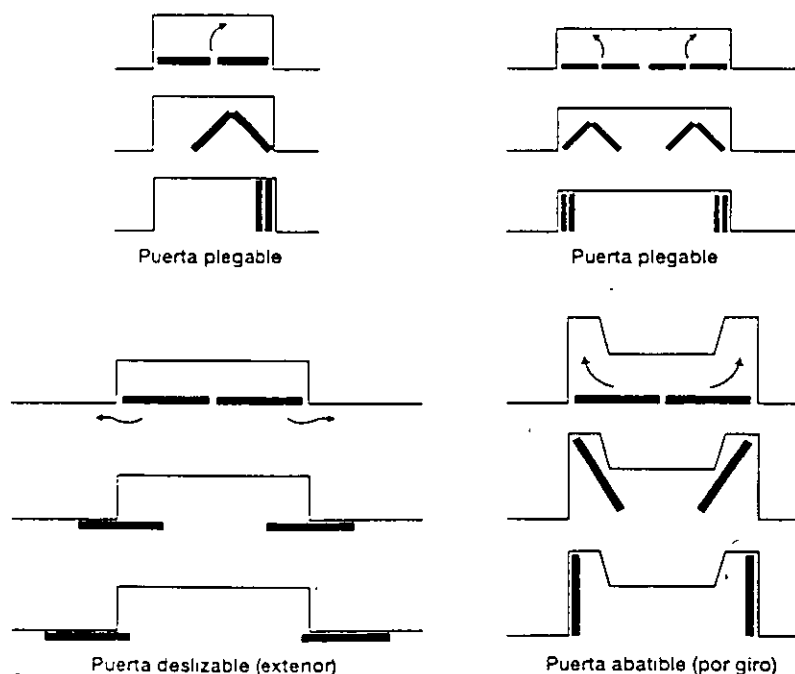


Figura 3.16.
Tipos de puerta.

Entre los tipos de puerta más empleados, destacan las plegables; las formadas por hojas simples abatibles por giro alrededor de un eje vertical, la sean dobles o sencillas, tal y como se muestra en la Figura 3.16. Para elegir el sistema más deseable, debe procurarse que la maniobra de la puerta se realice sin interferir con el ascenso o descenso del usuario.

La superficie exterior de la puerta, que puede estar sucia, no debe quedar en contacto con el público y cuando ésta se cierre debe mantenerse completamente cerrada y no sobresalir respecto a las paredes de la carrocería.

El accionamiento de las puertas se realiza desde el puesto del operador y se emplean dispositivos que evitan posibles accidentes. Así, en ciertos casos, cuando la puerta encuentra resistencia al cierre, se abre de nuevo. Esta resistencia límite debe ser mayor que las resistencias del mecanismo de cierre, pero no muy grande para evitar hacer daño a un pasajero que pueda quedar atrapado. Los bordes de las puertas llevan un perfil de hule, el cual permite retirar la mano o el brazo que haya quedado atrapado. Otros dispositivos incluyen



Figura 3.15.
Autobús con puertas para facilitar el ascenso y descenso (Roma, Italia)



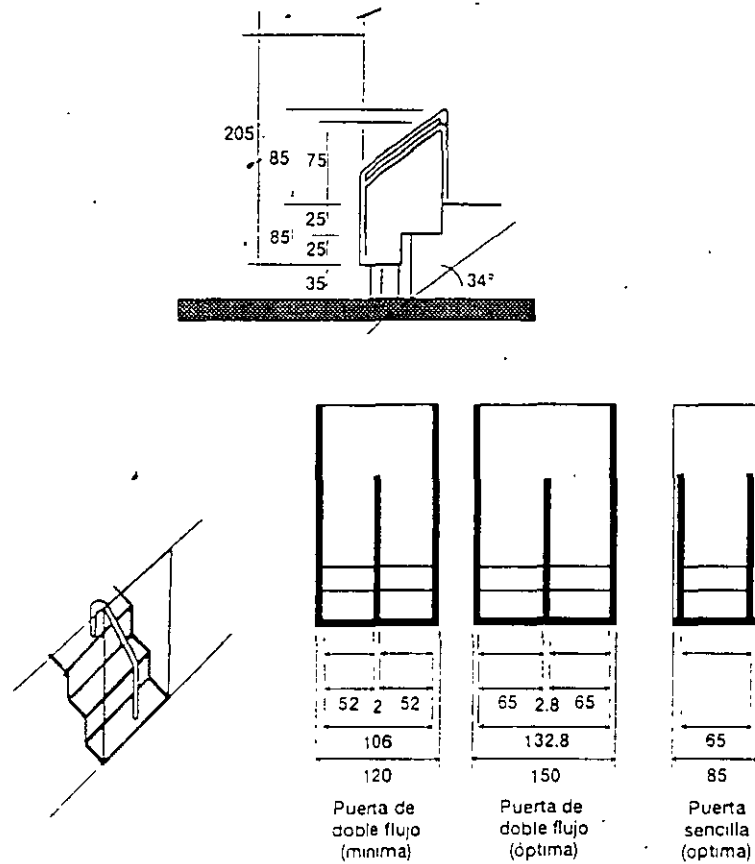
Figura 3.14.
Puerta abatible (Burgos, España)

bús con un gran número de puertas, utilizado en rutas con un gran intercambio de pasajeros y viajes relativamente cortos.

Es recomendable el uso de dos puertas de canal sencillo si el número de usuarios promedio transportados en un momento dado es menor o igual a 50 y dos puertas de canal doble si el número está entre 51 y 110 pasajeros. La canalización del acceso dependerá de la forma de cobro que se adopte.

Las puertas deberán estar ubicadas en el lado derecho del vehículo, detrás del eje delantero y delante del eje trasero. Esta última consideración permitirá reducir las distancias a recorrer a bordo y con ello una reducción del tiempo de parada.

64 *Transporte Público Urbano*



* Acotaciones en cm.

Figura 3.13.
Dimensiones recomendadas para puertas y escaleras

La relación de la capacidad del vehículo al número de puertas es básica para determinar el número requerido de puertas, así como su ancho. Cuando esta relación es pequeña, se tiene como resultado recorridos cortos y un gran número de transbordos.

La relación comúnmente utilizada en Europa para autobuses urbanos es de 20:1. Si esta relación es grande (por ejemplo 35:1) se considera que es un autobús para recorridos largos. En México, esta relación se ubica en el orden de 45:1.

Es importante tener presente que cuantas más puertas se tengan, más rápido será el ascenso y el descenso de pasajeros. Sin embargo, esta tendencia limita el número de asientos. La Figura 3.15. muestra un ejemplo de un auto-

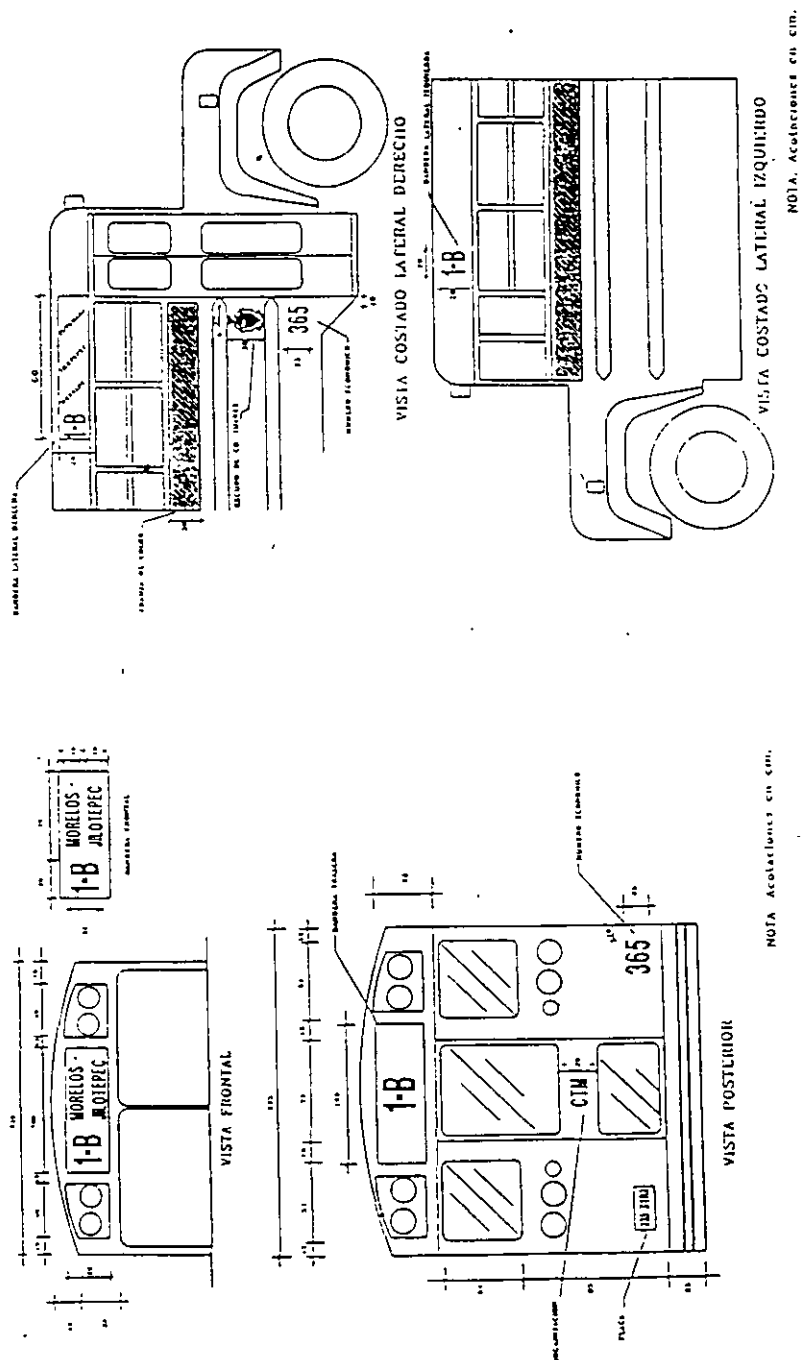


Figura 3.12.
Información exterior para el usuario.

difícil que la oculten otros vehículos. Además de esta indicación, conviene emplear otra en el costado lateral de la unidad, junto a la puerta de entrada, de forma que puedan verla bien los usuarios en la parada y confirmar el número de la ruta antes de abordar el autobús. Asimismo, será conveniente colocar un recorrido esquemático de la ruta, el cual permitirá ubicar los puntos importantes por los que pasa la misma.

Del mismo modo, y con el fin de facilitar la localización de los vehículos, conviene colocar el número de la ruta en la parte trasera así como en el lateral izquierdo. Es recomendable evitar el uso de letreros que tapen la visibilidad del parabrisas y que dan una mala imagen a la empresa (letreros pintados con blanco de España). Asimismo, es importante asegurar una buena visibilidad de las señales de la ruta en todas las condiciones, especialmente por la noche por lo que es recomendable que la bandera se encuentre iluminada.

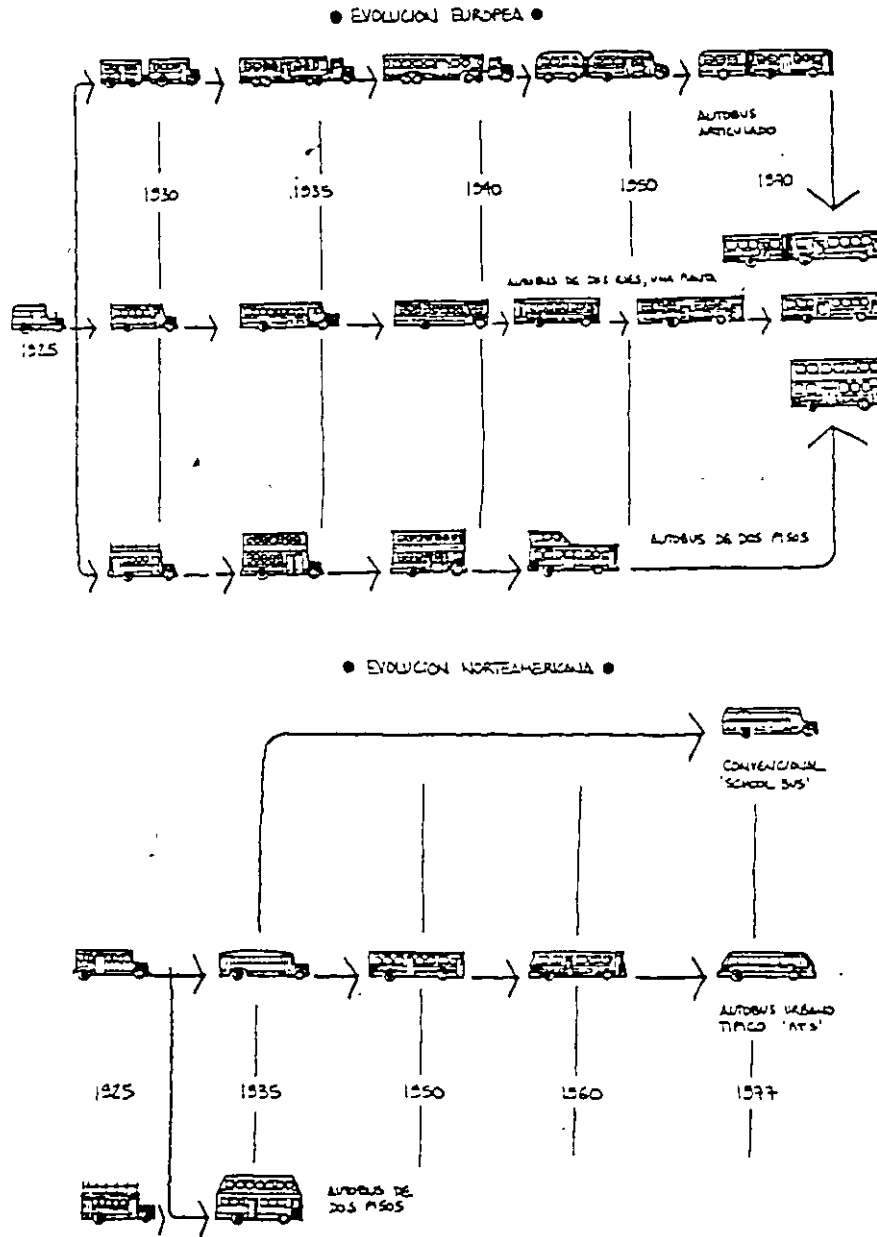
El número económico con que cuenten las unidades se colocará a la vista del público, tanto en el exterior como en el interior permitiendo que el usuario identifique el autobús en caso necesario. La matrícula o placa del vehículo deberá permanecer en el sitio que fija el *Reglamento de Tránsito*, siendo recomendable identificar, la agrupación a la que pertenece para lo cual es recomendable las siglas o el logo en la parte posterior de la unidad. A su vez, es recomendable que el escudo de la ciudad o logo de la empresa que presta el servicio aparezca a un lado de la puerta de ascenso.

En el exterior del autobús conviene indicar claramente las puertas de entrada y salida. La Figura 3.12 ilustra la colocación sugerida para la información exterior para que el usuario reciba un mayor provecho de ella, así como el dimensionamiento recomendable.

3.2.2 Acceso al vehículo

Puertas de entrada y salida

En primer lugar, las dimensiones del hueco libre con las puertas abiertas no deberá ser muy distinta a la altura libre en el interior del vehículo para evitar tropiezos en el dintel, aunque puede ser algo menor, ya que bajo la puerta suele haber un escalón. La anchura de la puerta debe permitir el paso de una persona, aun en el caso de que lleve consigo algún pequeño paquete. Esto exige un ancho de 55 cm, siendo el mínimo recomendable 65 cm, y una altura de dos metros. La Figura 3.13 muestra los anchos recomendables para nuestro-medio, mientras que la Figura 3.14 ilustra un ejemplo.



Fuente: Daniel Mastretta Guzmán, *Autobús Urbano para las Condiciones Mexicanas*. México: Tesis presentada a la Universidad Iberoamericana, 1984.

Figura 3.11.
Tendencias en el diseño de carrocerías.

funcional y observe las normas mínimas de apariencia exterior y uniformidad siempre será bien recibido por el usuario.

La carrocería del autobús no debe dar la impresión de lujo sino de sencillez y comodidad. En este sentido es interesante la evolución observada en los últimos años en nuestro país con los autobuses integrales. Son vehículos con una línea muy sencilla, con ángulos rectos y gran parte de la superficie del autobús presenta ventanas. Estos vehículos dan la impresión de que su volumen exterior corresponde al espacio útil interior, sin áreas desaprovechadas. La Figura 3.11 muestra la tendencia en el desarrollo de las carrocerías en las dos *escuelas* principales de diseño de autobuses: la europea y la norteamericana.[2]

En algunos sistemas de transporte es frecuente la colocación de carteles publicitarios en las carrocerías de los autobuses. Con un contenido y presentación adecuados, estos anuncios resultan aceptables, e incluso mejoran el aspecto del autobús y promueven que las unidades se mantengan limpias (un anuncio sucio *no vende*) a cambio de un ingreso adicional que, manejado adecuadamente puede contribuir en buena medida al pago de la inversión en la unidad. Deben evitarse aquellos anuncios que por su aspecto antiestético, o por su mensaje inaceptable, sean rechazados por la comunidad.

El aspecto del vehículo puede empeorar sensiblemente a causa de la suciedad, especialmente en días lluviosos. El autobús se ensucia durante el servicio y, lógicamente, no es posible retirarlo para su limpieza durante su periodo de operación. Por otra parte, las líneas rectas y sencillas del autobús, favorecen la limpieza de la parte exterior por medios mecánicos.

Señalización de la unidad

El usuario que espera la llegada del autobús debe identificar a éste a una distancia suficiente para que pueda hacer la parada. Por la forma y el color del autobús debe identificarlo como un servicio de transporte público, pero, además, debe distinguir la ruta a la que pertenece. Para que el autobús pueda detenerse en la parada frenando suavemente, es necesario que los usuarios en la parada hagan la señal correspondiente a unos 50 m de distancia, lo que exige que la indicación de la ruta o ramal tenga una dimensión de 20 cm. Esta indicación será normalmente el número de la ruta correspondiente así como el origen y destino de la misma, en caracteres mas pequeños.

Para asegurar una buena visibilidad, conviene que la indicación de la ruta, vaya colocada en el frente de la unidad y en su parte superior donde es mas

Base para determinar requisitos de:

- Usuario (Percentil 1, 50 y 95)
- Operador (Percentil 5, 50 y 95)
- Mecánico (Percentil 5, 50 y 95)

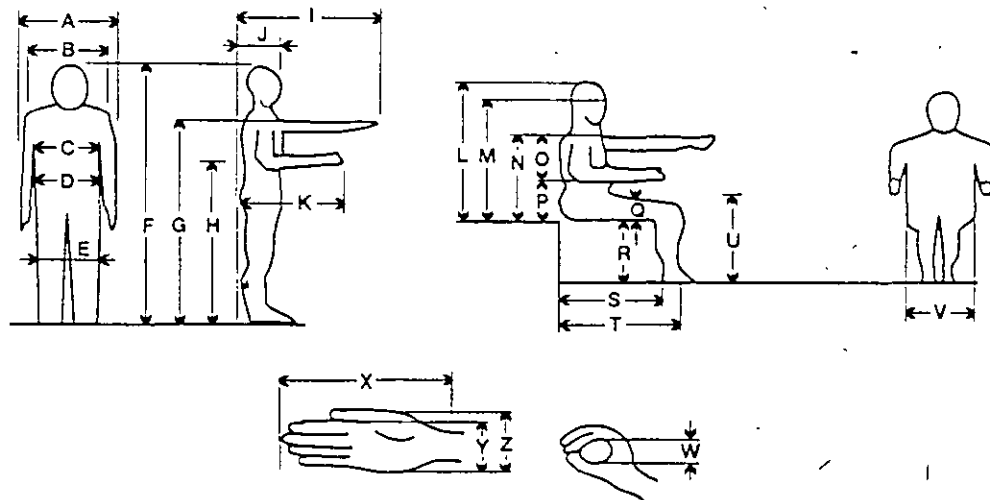


Figura 3.10.
Base antropométrica

Medida	Percentil				Medida	Percentil			
	1	5	50	95		1	5	50	95
A	422	450	519	560	N	515	534	579	623
B	370	383	414	446	O	306	319	350	380
C	291	307	343	388	P	162	181	229	276
D	251	272	321	371	Q	124	134	156	179
E	191	202	249	291	R	335	351	391	430
F	1540	1590	1680	1780	S	414	433	477	520
G	1249	1286	1376	1465	T	508	528	578	628
H	932	960	1030	1100	U	468	483	521	559
I	754	781	848	914	V	295	312	353	394
K	201	222	275	328	W	26	28	34	39
K	398	412	446	480	X	163	169	182	196
L	759	782	837	892	Y	74	79	86	92
M	653	677	735	793	Z	77	82	100	117

Fuente: Diesel Nacional SA. Dimensiones del Usuario Mexicano, México: Dirección de Desarrollo, 1982.

Cuadro 3.2.
Medidas antropométricas del mexicano. (Medidas en milímetros).

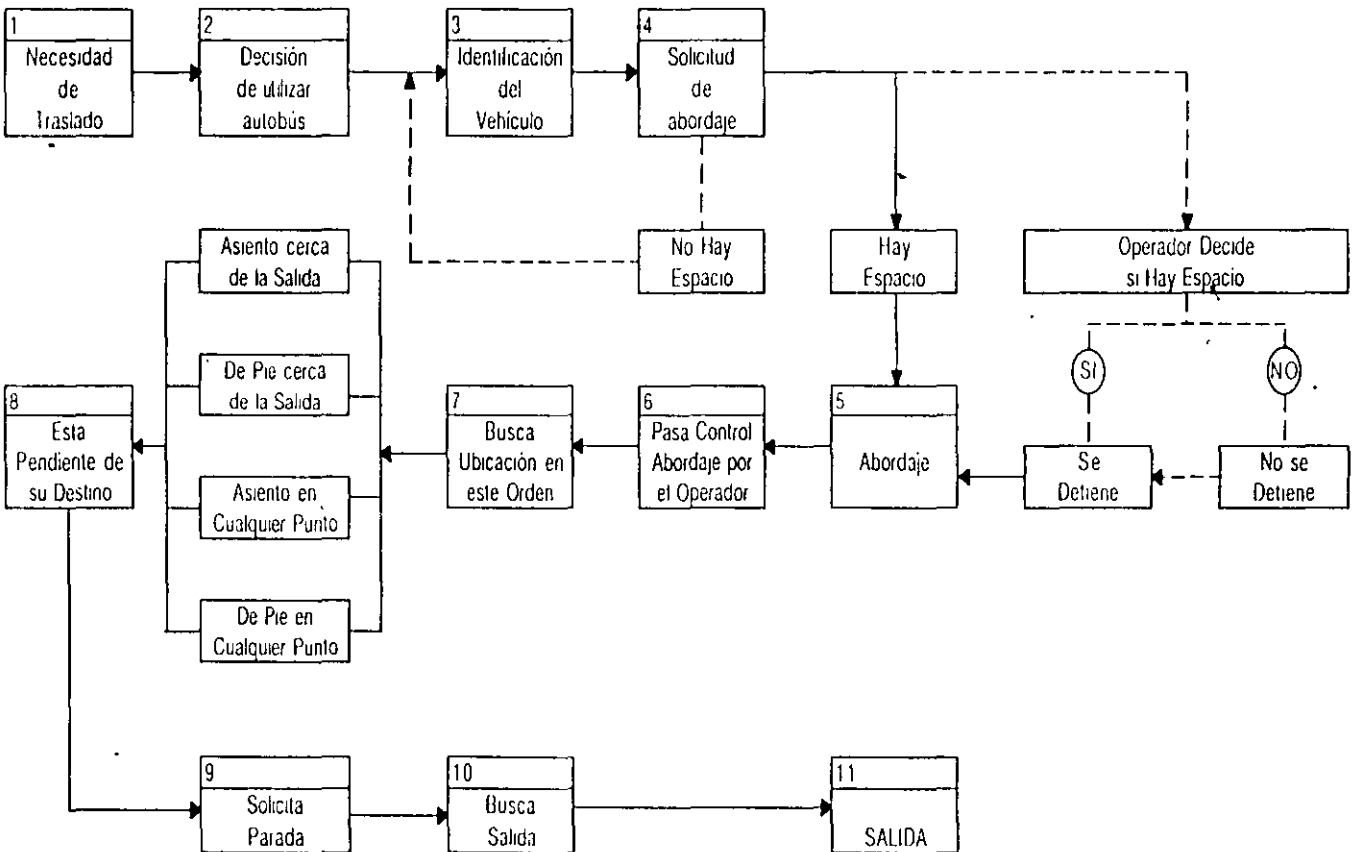


Figura 3.9.
Mecánica de uso del transporte por un pasajero

Durante la operación del vehículo se producen una serie de efectos que deben mantenerse dentro de límites aceptables. Así pueden citarse los ruidos, música a todo volumen, vibraciones, aceleraciones, olores y otros efectos. Finalmente, durante la etapa de descenso de la unidad, el usuario debe poder utilizar el sistema de sòlicitud de parada; atravesar con facilidad el pasillo y descender cómodamente por la(s) puerta(s) de salida. Este proceso se muestra en la Figura 3.9.[1]

Un aspecto importante es considerar la base antropométrica del usuario mexicano típico del transporte público, motivo por el cual se incluyen las bases elaboradas por el *Area de Diseño Industrial de la Dirección de Desarrollo de Diesel Nacional, SA*, las cuales se muestran en la Figura 3.10. y el Cuadro 3.2.

De todo este conjunto de características que influyen en la calidad de viaje, se pueden considerar una serie de requerimientos [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] que se clasifican en cinco áreas principales:

- Exterior del vehículo
- Accesos al vehículo
- Interior del vehículo
- Instalaciones
- Funcionamiento durante el viaje

3.2.1 Exterior del vehículo

Aspecto exterior

En cualquier ciudad, los autobuses representan uno de los elementos mas visibles dentro del tránsito de las calles. En cierto modo, los vehículos se hacen su propia publicidad en el sentido de que vehículos estéticamente agradables predisponen al público a utilizarlos, mientras que vehículos sucios y con la carrocería en mal estado dan lugar a cierta crítica y descontento entre los usuarios y la comunidad en general. Aun el usuario cautivo busca una forma agradable de viajar. De esta forma, los factores estéticos tienen una influencia apreciable en la opinión pública sobre los transportes colectivos.

Sin embargo, no debe creerse que esta importancia de la estética obliga a utilizar carrocerías que podríamos llamar futuristas. Hay que tener en cuenta que las unidades que se opera en una buena parte de nuestras ciudades han permanecido en servicio 15 y 20 años, duración que suele ser mayor que la de las modas en las carrocerías de los automóviles. Un vehículo mientras sea

3.3.8 Factores que determinan las unidades básicas óptimas

Al planear un sistema férreo es necesario, entre otras cosas, definir el tipo de unidad básica que se va a usar en el sistema (unidad sencilla, múltiple, pareja casada, entre otras). Estas definiciones se deben basar en los siguientes factores:

- *Diferente tamaño de trenes.* Es deseable poder ajustar el número de carros en el tren, según se presente la demanda, con lo cual se logra minimizar los costos de operación.
- *Longitud mínima de tren.* En las horas de poca demanda es deseable operar con trenes más cortos con el fin de reducir los costos de operación.
- *Uso del equipo mecánico y eléctrico en el tren.* Si se comparten los componentes en los diferentes carros se logra un ahorro en la inversión así como en el mantenimiento. Sin embargo, se puede tener un mayor número de vehículos fuera de operación si el mantenimiento no es el adecuado.
- *Número de controles por carro.* Al ser los controles un equipo caro (de 2 al 3% del costo total del vehículo), se debe minimizar el número de dichos controles y comparar los costos de inversión entre una operación unidireccional (costo de infraestructura en las terminales) y una operación bidireccional (costo del vehículo).
- *Longitud del carro por carretilla.* Al representar la carretilla un gran peso del total del vehículo, se debe buscar maximizar la longitud del carro por carretilla.
- *Facilidad de mantenimiento.* Si se cuenta con unidades pequeñas, se tiene dificultad en el acceso a los componentes mecánicos. Sin embargo, las unidades pequeñas son más fáciles de mover y levantar que en el caso de unidades grandes.
- *Utilización del material rodante.* La reparación de unidades básicas que incluyen más de un carro implica tener parados todos los vehículos de la unidad, y lo cual ocasiona una mala utilización del material rodante.

REFERENCIAS

1. Diesel Nacional, SA. *Dimensiones del Usuario Mexicano*. México. DINA, 1982.
2. Daniel Mastretta Guzmán. *Autobús Urbano para las Condiciones Mexicanas*. México. Tesis UIA, 1984.
3. Coordinación General de Transporte. *Normas para el Sistema de Transporte de la Ciudad de México*. México: USTRAN, 1986.
4. Departamento del Distrito Federal. *Especificaciones de Diseño, Antrometría, Ergonomía, Seguridad, Confort y Adecuación al Medio Ambiente para los Autobuses Concesionados de los Servicios Local y Metropolitano a operar en la Ciudad de México y su Area Metropolitana*. México: Gaceta Oficial del DDF, marzo de 1993.
5. Coordinación General de Transporte. *Manual de Referencia para la Aplicación de Colores y Señalización Exterior*. México: DGEP, sf.
6. Diario Oficial. *Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-014-SCT-2-1993*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1994.
7. Ayuntamiento de Juárez. *Modernización de la Red de Transporte Público: Normas Relativas al Vehículo*. Juárez: USTRAN, 1994.
8. Ministerio de Obras Públicas. *Normas de Calidad Aplicables al Transporte Colectivo Urbano de Superficie*. Madrid: Consejo Superior de Transportes Terrestres, 1976.
9. SNV/VÖV. *Fahrgastbedienung*. Düsseldorf: Alba Buchverlag, 1980.
10. VOV/VDA. *Bus-Verkehrssystem*. Düsseldorf: Alba Buchverlag, 1979.
11. Vukan R. Vuchic, *Urban Public Transportation: Systems and Technology*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc, 1981.
12. Joachim Fedler. *Grundlagen der Bahntechnik*. Düsseldorf: Werner Verlag GmbH, 1980.

PREGUNTAS

1. Enumere y describa las características generales que presenta el transporte público urbano en autobuses. ¿Qué ventajas y desventajas presenta?
2. Compare al autobús y trolebús desde el punto de vista del usuario y de la comunidad.
3. Al seleccionar el tamaño de autobús adecuado para la operación en una determinada ruta, ¿cuáles serán los criterios que deberán analizarse? ¿En qué forma afecta la frecuencia y los costos en tal decisión? ¿Qué impactos presenta a la comunidad esta selección?
4. Señala las diferencias entre un minibús, un autobús regular y un autobús articulado.
5. Un autobús regular presenta las siguientes dimensiones:

Volado delantero = 2.3 m

Distancia entre ejes = 5.76 m

Entrevía = 2.48 m

Ancho de la unidad = 2.51 m

Longitud de la unidad = 11.14 m

- Dibuje la trayectoria del autobús en una curva con un radio exterior del neumático de 12 m y muestre claramente la trayectoria de las mismas y del vehículo.
 - Derive la ecuación para un radio exterior del vehículo en función de su distancia entre ejes, de su vuelo delantero, del radio exterior del neumático, del ancho del vehículo y de la entrevía.
 - Encuentre el radio exterior del vehículo, el radio interior del neumático, el ancho de la trayectoria de los neumáticos así como de la trayectoria del vehículo. Compruebe los resultados analíticos con los resultados gráficos del punto anterior.
6. Compare el autobús articulado con un autobús regular y defina el paquete de condiciones donde el articulado es superior al autobús regular. ¿Qué porcentaje de autobuses articulados considera adecuado manejar dentro de una flota vehicular? ¿Porqué?

7. Enumere y describa con detalle las medidas que usted tomaría para incrementar la confiabilidad del servicio en una ruta de autobuses urbanos. Incluya las medidas físicas de la vialidad, la operación y el control.
8. Enumere y describa las características de los medios de transporte férreos.
9. ¿Cuáles son las diferencias entre el equipo típico de un metro y el utilizado en trenes regionales? ¿Cuáles serían las diferencias entre un metro de rodada neumática y de rodada de acero?
10. Exprese las longitudes de vehículos de 4, 6 y 8 ejes en términos del vuelo y la distancia entre centros de carretilla.
 - Suponga que $D_{cc} = 7\text{m}$ y $V = 3.8\text{m}$ para los tres modelos. Calcule la longitud promedio del vehículo por carretilla para cada uno
 - ¿Para qué valores de la relación D_{cc}/V es mas grande la longitud del vehículo por cada carretilla para articulados (6 u 8 ejes) que para vehículos de una sola carretilla?
11. Un carro del metro tiene una distancia *entre ejes* de $DE = 1.54\text{m}$; $L = 16.18\text{m}$; $A = 2.5\text{m}$ y $D_{cc} = 11\text{m}$. Los volados son simétricos. Calcule ΔR_v^i y ΔR_v^e en una curva con radio de 105m . Calcule ΔR_v^i y ΔR_v^e con un vuelo delantero de 3.59m y un vuelo trasero de 2.59m .
12. Compare el metro de rodada neumática con metros convencionales y con trenes ligeros. Enumere y describa las ventajas y desventajas inherentes en cada uno de ellos. En base a esta comparación, establezca en que condiciones uno es superior al otro.

4.

Infraestructura para la Operación del Transporte Público

Este capítulo trata de los diversos elementos físicos que participan en la provisión de un adecuado servicio de transporte, la cual va desde una simple parada hasta el diseño de vialidades o derechos de vía exclusivos para el transporte público.

4.1 Paradas

Los puntos de parada y estaciones son componentes importantes de un sistema de transporte público puesto que ejercen una influencia considerable en la operación ya que:

- Limitan la capacidad de línea y por ende el número de unidades de transporte que pueden operar.
- Su ubicación y espaciamiento debe ser adecuado para atraer al usuario.
- Ejercen una influencia en el consumo de combustible el cual variará según un mayor o menor número de paradas.

Un aspecto muy importante que debe tenerse presente es el referente al tiempo requerido para el ascenso y descenso de pasajeros en las paradas al ser este un factor determinante de la capacidad de línea. Normalmente, el proceso de ascenso/descenso de usuarios se refleja de la siguiente manera:

112 *Infraestructura para la Operación del Transporte Público*

- Tiempo requerido para efectuar la parada
- Tiempo de ascenso/descenso
- Tiempo requerido para realizar la salida

El Cuadro 4.1 muestra los tiempos promedios detectados en diversos estudios [1], mientras que el Cuadro 4.2 muestra los aspectos que ejercen una influencia en la duración del tiempo de parada [2, 3]. Por ello, es importante considerar aspectos tales como su ubicación, su dimensionamiento, las instalaciones e información requeridas, entre otros con el fin de reducir este tiempo y ofrecer una mejor calidad y seguridad en el servicio así como reducir los efectos negativos que la parada de una unidad provoca al tránsito en general.

CONDICIONES	TIEMPO [s/pas]
Descenso	
Muy poco equipaje de mano y paquetes; pocos transbordos	1.5 a 2.5
Cantidad moderada de equipaje de mano o muchos transbordos	2.5 a 4.0
Equipaje considerable en las repisas (viaje foráneos)	4.0 a 6.0
Autobús articulado; servicio urbano	0.4 a 0.8
Ascenso	
Pago por anticipado antes de entrar al autobús o pago al abandonar	1.5 a 2.5
Pago en una caja colectora con una sola moneda o cospel	2.0 a 3.0
Pago con moneda fraccionaria	3.0 a 4.0
Pago anticipado con tarifa zonal; verificación en el autobús	4.0 a 6.0
Pago en efectivo de tarifa zonal, con registro en el autobús	6.0 a 8.0
Autobús articulado; servicio urbano con pago anticipado	0.5 a 1.2

Fuente: A partir de los cuadros 12-9 y 12-10 del *Highway Capacity Manual*, 1985.

Cuadro 4.1.
Tiempos de ascenso y descenso de usuarios.

Así, el análisis detallado de las paradas en el diseño de una ruta es importante ya que trae beneficios directos tanto al usuario, como al prestatario del servicio como a la comunidad. Por ejemplo, si se compara la colocación de paradas a 400-500m contra paradas ubicadas a 150m se tienen las siguientes ventajas y desventajas, para cada uno de los grupos afectados:

Concepto	Aspectos que influyen en el tiempo de parada
<i>Usuario</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Afluencia de ascensos y descensos • Hábitos y educación • Capacidad física
<i>Vehículo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Desempeño del motor • Número de puertas para ascenso/descenso • Ancho de las puertas • Número y altura de los escalones • Obstáculos que promueven la acumulación de pasajeros antes del área de cobro • Capacidad de la unidad
<i>Paradas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación o proximidad de semáforos e intersecciones • Acceso a la unidad • Distancia de la unidad a la acera o plataforma • Altura de la acera • Cobertizos y bahías • Información al usuario
<i>Forma de cobro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pago de tarifa exacta o entrega de cambio • Cobro antes o después de abordar
<i>Vialidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo de vehículos • Estado del pavimento • Inclinación • Prioridad • Número de unidades que utilizan la parada

Cuadro 4.2
Aspectos que influyen en el tiempo de parada.

Usuario

- + mayor velocidad de viaje
- + ahorros de tiempo
- + mayor comodidad (menor número de aceleraciones y desaceleraciones)
- mayor distancia por caminar desde y hacia la parada

Prestatario

- + menor número de vehículos para una operación dada
- + menor consumo de energía

114 Infraestructura para la Operación del Transporte Público

- + menor desgaste del vehículo
- + menor infraestructura (cobertizos, señales)
- + mejora potencial de las demás paradas

Comunidad

- + menor espacio ocupado por las paradas
- + facilidad de hacer respetar las señales restrictivas
- + menor interferencia con el tránsito
- + menor contaminación y ruidos.

4.1.1 Paradas en la Vía Pública

Este tipo de paradas constituyen la infraestructura mas sencilla de un sistema de transporte, ubicándose en la acera misma. Por ello, su uso está destinado primordialmente a los autobuses, trolebuses y trenes ligeros, aún cuando estos últimos pueden presentar estaciones a lo largo de su trayectoria. Naturalmente, la operación de este tipo de paradas implica el bloqueo momentáneo del carril por donde circulan los vehículos.

Cuando la parada se establece a la orilla de la acera se disminuye considerablemente la capacidad de la vía (por ejemplo, 33% en el caso de tener la vialidad tres carriles). Por ello, se han desarrollado diseños de paradas que evitan la interrupción momentánea del tránsito de vehículos. A estas paradas se les conoce con el nombre de bahías, mismas que serán tratadas posteriormente con mayor amplitud.

Para definir las características de una parada en la vía pública se deben considerar tres aspectos principales:

- ubicación de la parada
- espaciamiento de paradas
- diseño de la parada

4.1.1.1 Ubicación de la Parada

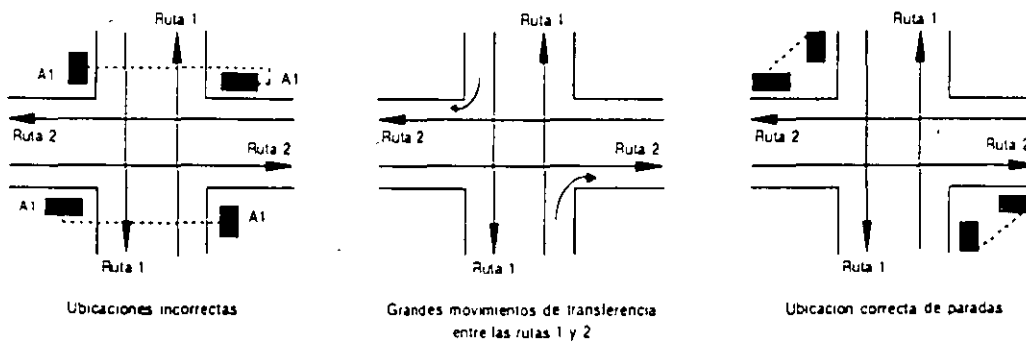
Antes de fijar la distancia a la cual deberán estar las paradas de autobuses, se deben realizar análisis preliminares para determinar, en base a las necesidades del usuario, la ubicación recomendable que presenta las mayores ventajas para cada una de ellas.

El utilizar una sola ubicación ha sido una práctica común en nuestro medio, debido principalmente a que se acostumbra al usuario a conocer la parada en que se detiene el vehículo y por ende no requiere información adicional. Sin embargo, esta práctica ha evitado aprovechar las ventajas que presenta el manejo de distintas ubicaciones, según el caso de que se trate.

Es importante tener presente la dificultad que presenta el establecimiento de criterios para la ubicación de paradas, puesto que cada caso es particular y diferente a los demás. Esto conlleva a considerar tres factores que influyen en la ubicación de paradas, los cuales se describen a continuación:

Acceso de pasajeros. La ubicación y características de la parada deben entañizar la seguridad del usuario. Por ello, es recomendable que las paradas estén localizadas dónde el usuario esté protegido del movimiento de los vehículos y tenga espacio suficiente para circular sin que esto provoque interferencias a los flujos peatonales.

Asimismo, en lugares donde concurren dos o mas rutas, deben localizarse de tal manera que la distancia por caminar para lograr la transferencia, sea la mínima, sobre todo si existen grandes volúmenes de transferencias. La Figura 4.1 muestra un ejemplo de una mala ubicación de paradas en una intersección que presenta un fuerte movimiento de transbordos entre dos rutas (1 y 2). La solución de colocarlas una en cada esquina antes de cruzar la intersección ocasiona que el usuario tenga que cruzar la intersección con la consecuente molestia. Sin embargo, si en la ruta 1 la parada se ubica antes de la intersección y en la ruta 2 su parada se ubica después de la intersección, se facilitan los movimientos de transbordo de los usuarios a la vez de mejorar la seguridad de los mismos



Fuente: Referencia [3].

Figura 4.1. Ejemplo de ubicación de paradas.

Condiciones de tránsito. Este es un factor que debe estar presente en la ubicación de una parada, puesto que es deseable localizar las paradas de tal forma que minimicen las interferencias con el tránsito vehicular así como los movimientos peatonales. Por ello, es importante estudiar las interferencias que se presentan con los movimientos direccionales de otros vehículos, la facilidad del autobús de converger con el tránsito y la visibilidad que se tiene en puntos de cruce peatonal.

Geometría del movimiento del autobús. La ubicación de la parada depende también de las maniobras que realice el autobús. En aquellos casos donde el autobús debe girar a la derecha normalmente presenta dificultad desde el carril adyacente a la acera puesto que el radio de giro es mayor que el radio de la acera. En éste caso es deseable una parada en el lado lejano (LL) que una parada en el lado cercano (LC). Cuando se debe realizar una vuelta a la izquierda y se presenta mas de un carril en la misma dirección, la vuelta se realiza por el carril izquierdo, de tal forma que la parada LL es preferible. Asimismo, si existe espacio suficiente, puede ubicarse la parada en una isleta que permita el ascenso y descenso de pasajeros, en el lado cercano a la intersección.

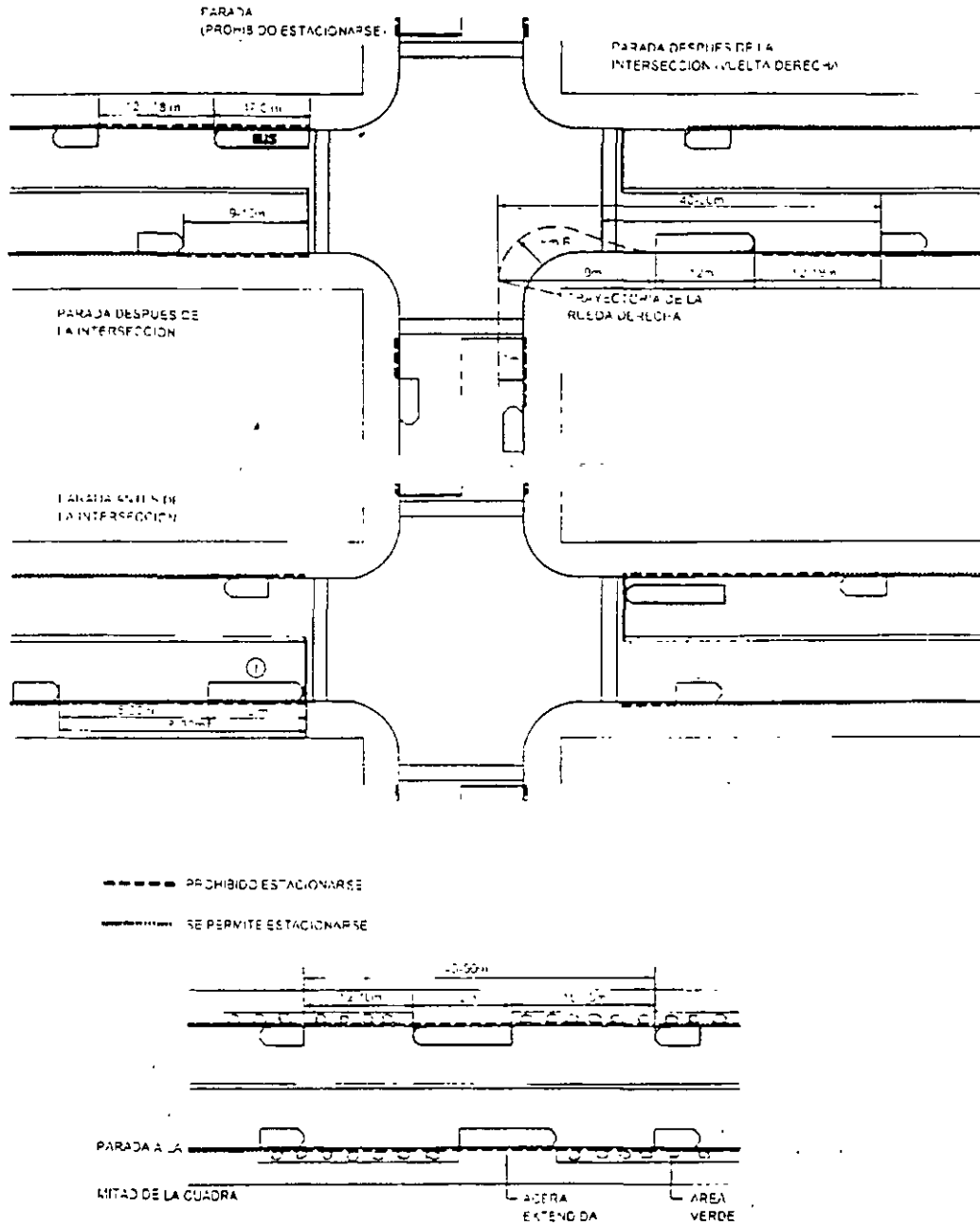
Cuando un autobús debe salir de un carril de circulación a un área con estacionamiento prohibido a lo largo del carril cercano a la acera, o a una bahía, se debe considerar la longitud requerida para las maniobras de llegada y salida. Puesto que la llegada a la parada requiere una mayor longitud que la necesaria para la salida, una ubicación en el LL es preferible cuando se desea minimizar el espacio destinado a paradas.

Conforme a lo anteriormente expresado, se puede hablar de tres tipos principales de ubicación de paradas:

- en el lado cercano (LC), es decir, antes del cruce de la intersección
- en el lado lejano (LL), es decir, después del cruce de la intersección
- a media cuadra (MC)

La Figura 4.2 muestra estas tres ubicaciones así como el dimensionamiento recomendado de las mismas [3, 4, 5, 6].

Antes de la intersección. Las paradas en el lado cercano son las que comúnmente se utilizan en nuestro medio. En algunos casos los movimientos



Fuente: Referencia [4]

Figura 4.2.
Paradas de autobús.

direccionales hacia la derecha de los vehículos que circulan por la vialidad se ven obstruidos, a la vez de afectar los movimientos mismos de la unidad. Esta ubicación se considera como adecuada cuando se presenta alguna de las siguientes condicionantes:

- Con fuertes flujos de autobuses y tránsito y estacionamiento no crítico
- Operen en carriles centrales
- Intersecciones frecuentes con semáforos
- El vehículo de vuelta a la derecha

Ventajas y desventajas

- + menos interferencia con vueltas a la derecha que se incorporan
- los movimientos a la derecha causan conflictos
- se obstruyen las señales y semáforos
- peligro al peatón al cruzar por delante
- obstrucción de la visibilidad a vehículos sobre la transversal
- con afluencias fuertes y espacio reservado insuficiente, se obstruye un carril de circulación.

Después de la intersección. Las paradas en el lado lejano se ubican después de haber cruzado la intersección, lo cual implica que en algunos casos se puede utilizar una misma parada para dos rutas distintas, disminuyendo los requisitos de infraestructura. Asimismo, se reduce el número potencial de conflictos entre el autobús y los vehículos que dan vuelta a la derecha. Esta ubicación se presenta como adecuada cuando:

- Existen problemas de visibilidad o capacidad en la vialidad
- El transporte público hace uso constante de carriles laterales
- Se presentan movimientos considerables a la derecha
- Existen fuertes flujos de transporte público que dan vuelta a la izquierda

Ventajas y desventajas

- + reducción de conflictos con los movimientos a la derecha y con el transporte público
- + capacidad adicional en la intersección

- + sin problemas de visibilidad
- + cruce peatones por la parte posterior
- + espacio de maniobras menor para entrar y abandonar carril
- durante la hora de máxima demanda puede haber obstrucción en la calle transversal
- obstrucción de la visibilidad en el movimiento a la derecha de la calle transversal

A media cuadra. Las paradas a media cuadra se ubican cuando en ese lugar existe un centro importante de atracción de viajes y por ende el número de personas que asciende y/o desciende es considerable. Como ejemplos pueden citarse oficinas gubernamentales, hospitales, escuelas, entre otros. También pueden ubicarse a media cuadra cuando las condiciones geométricas y del tránsito en las intersecciones presenta dificultades para la ubicación de la parada o cuando algún autobús necesita dar vuelta a la izquierda. El principal inconveniente es que provoca que la gente cruce a media cuadra sí como el incremento de la distancia a recorrer hacia las intersecciones o puntos de transferencia.

Paradas alternadas con coordinación de semáforos. Normalmente, la coordinación de semáforos está dirigida hacia la reducción de los tiempos de recorrido del transporte privado. Sin embargo, la situación que presenta puede aprovecharse para mejorar el servicio que presta el transporte público. En una calle con semáforos coordinados, la ubicación alternada de las paradas permitirá una reducción en los tiempos de recorrido de hasta un 25% y se le conoce como la *Ley de Von Stein* [3, 7]. Esta Ley establece que si se alterna la ubicación de las paradas, una antes y la siguiente después de la intersección se logran ahorros en los tiempos de recorrido para el transporte público.

Esta situación puede verse claramente en la Figura 4.3, la cual muestra un diagrama tiempo-distancia. Se puede observar que en las condiciones normales de ubicación de paradas en el lado cercano el autobús va acumulando todos los tiempos que se pierden debido a la fase roja, que invariablemente le toca. Si se alternan las paradas, se evitan algunos de los tiempos debido a la fase roja y solo permanecen los relativos al ascenso y descenso de pasaje. Esto, en la práctica, es lo que realizan algunos operadores de transporte público en nuestro medio, con el fin de ahorrar tiempo de recorrido. En algunos casos, se puede presentar una secuencia de paradas en el lado cercano (LC)

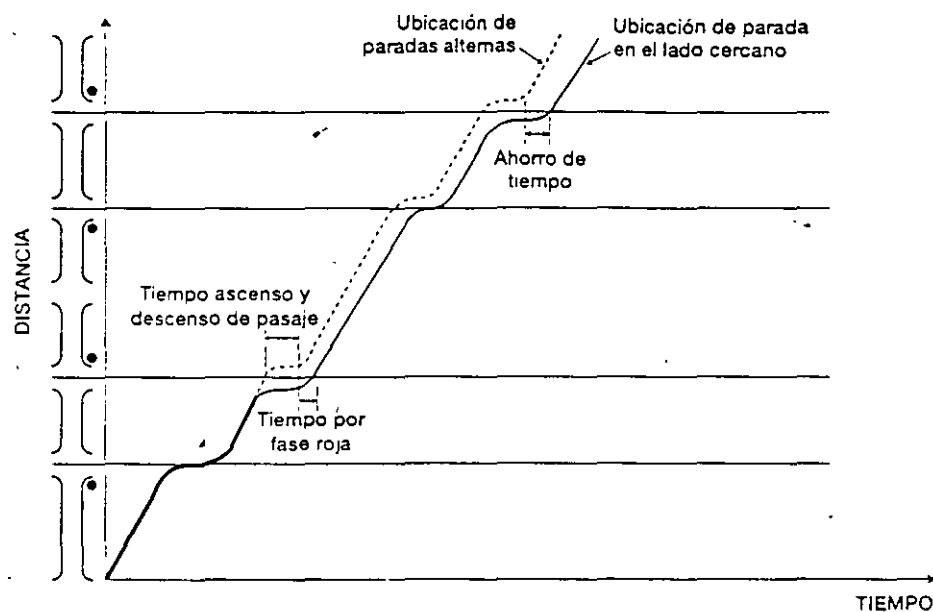


Figura 4.3.
Efecto de alternar paradas

y en el lejano (LL) que da como resultado una mayor velocidad de operación que una simple alternancia de paradas, puesto que las demoras de las unidades dependen de la frecuencia y de los tiempos de parada para los usuarios y del patrón de coordinación establecido. Sin embargo, existen dos reglas básicas:

- Cuando una parada en el lado cercano (LC) es seguida por dos o más intersecciones coordinadas progresivamente, entonces la siguiente parada debe ubicarse en el lado lejano.
- Para cualquier longitud de fase de semáforos y demoras en la parada, la alternancia de paradas LC y LL resultan por lo menos iguales y generalmente mejores que las tendencias a contar con una sola ubicación.

Revisión de la ubicación de paradas. Durante la revisión del trazo de una ruta es deseable revisar la factibilidad de reducir el número de paradas a lo largo del trayecto, situación que se analiza comparando los usuarios que desean que la parada exista (usuarios que van a abordar y/o bajar de la unidad) contra los que no la desean (usuarios que van a bordo y que no van a utilizar

PARADA/ ESTACION	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	OPERACION A EFECTUAR
Suma D	400	150	150	300	300	240	200	240	200	400	200	0	100
Suma B	0	20	60	180	40	60	100	300	450	140	180	100	100
Presencia del usuario en la parada	500	170	340	220	340	320	420	540	2670	540	2180	230	S-B
Presencia del usuario en la parada A	-	500	1000	2000	1000	3000	1500	3000	2000	2160	2000	1000	-
Presencia del usuario en la parada B	-	-	50	150	10	150	200	2700	540	1000	1000	-	A-B
SND	-	0.28	0.18	0.54	0.2	0.29	1.9	0.8	1.13	0.8	0.13	-	0.2

CUADRO 4.3. ELIMINACIÓN DE PARADAS EN UN SISTEMA DE TRANSPORTE

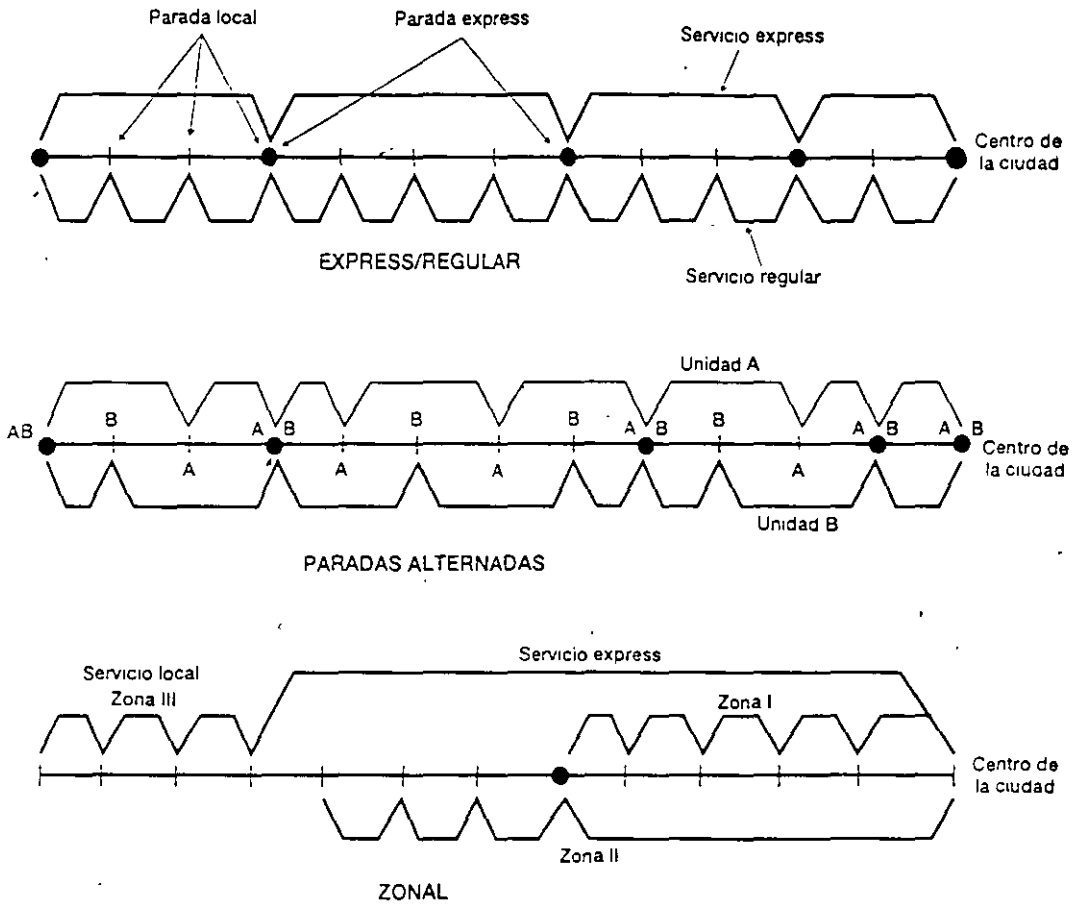
NOTA: Los usuarios que desean una parada son el numerador de cada una de las celdas.
 Los usuarios que no desean una parada son el denominador de cada una de las celdas.
 Los usuarios que desean una parada son el numerador de cada una de las celdas.

Cuadro 4.3.
Eliminación de paradas.

la parada). Para ello, el Cuadro 4.3 muestra el procedimiento de análisis, cuyo parámetro de comparación es el cociente de los usuarios que quieren la parada contra los que no la desean. Un cociente que tienda a cero, señala la conveniencia de eliminar la parada.

Esquemas de ubicación de paradas a nivel ruta. Se presentan tres esquemas básicos de ubicación de paradas, los cuales revisten una mayor importancia cuando el corredor en que opera una o mas rutas presenta una fuerte demanda y/o una concentración de la misma en uno o varios puntos. Estos esquemas se comentan a continuación y se ilustran en la Figura 4.4:

- *Operación express.* Bajo este esquema, la unidad se detiene en unas cuantas paradas designadas, las cuales son generalmente puntos generadores de viajes, tales como industrias, escuelas, comercios, hospitales, entre otros. El espaciamiento es varias veces mayor que para una ruta regular. Este esquema es particularmente eficiente cuando se combina con una operación regular y en especial sobre corredores de transporte durante las horas de máxima demanda. Este incremento en el espaciamiento permite lograr mayores velocidades comerciales, lo que se traduce en que para un mismo parque vehicular, se puede incrementar la frecuencia y por ende la oferta de servicio.



Fuente: Referencia [3].

Figura 4.4. Esquemas de paradas.

- *Operación zonal.* Los corredores radiales que presentan una fuerte demanda pueden dividirse en zonas de tal manera que una unidad se detiene en todas las paradas dentro de su zona de influencia y el resto del viaje lo efectúa de manera directa a su destino. La siguiente unidad sirve a la segunda zona y así sucesivamente. Este esquema resulta, bajo ciertas condiciones, en un alto nivel de ocupación y tiempos de ciclo mas cortos que con una operación regular.
- *Paradas alternadas.* Bajo este esquema, las paradas se designan con las letras A, B o AB. Las unidades o trenes designados con la letra A ha-

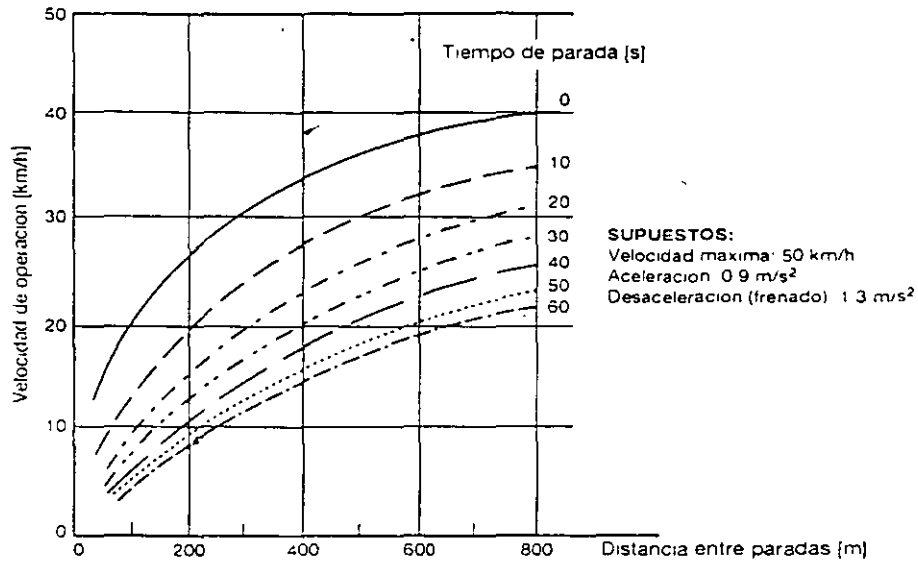
cen parada en las paradas A o AB, mientras que las unidades B en las paradas B o AB. Los usuarios que desean viajar de una parada A a una parada B se ven forzados a realizar un transbordo en una parada AB por lo que el mecanismo de asignación debe ser analizado cuidadosamente con el fin de no afectar a un alto porcentaje de usuarios. Este esquema incrementa la velocidad de operación a la vez de que mantiene la misma cobertura. En el caso de la operación del transporte de superficie donde los espaciamientos son relativamente cortos, el esquema de paradas alternadas puede diseñarse de tal manera que dos grupos de unidades realicen alternadamente sus paradas, es decir, todas las paradas se designan A o B y no se presentan paradas AB. Este esquema se adecúa principalmente en aquellas rutas en que la demanda está distribuida uniformemente.

4.1.1.2 Espaciamiento entre paradas

La distancia media entre puntos de parada es un factor que influye determinantemente en la velocidad de operación, la cual aumenta conforme la distancia entre paradas aumenta. En zonas urbanas es recomendable distancias entre 300 y 500 metros con lo cual se tiene velocidades de operación del orden de 15 a 25 km/h. Para áreas suburbanas esta distancia puede incrementarse por arriba de los 800 m, según la densidad e intensidad del uso del suelo, con lo cual es factible lograr velocidades de operación superiores a los 20 km/h. La Figura 4.5 muestra la relación entre la distancia entre paradas y la velocidad de operación en función del tiempo de parada.

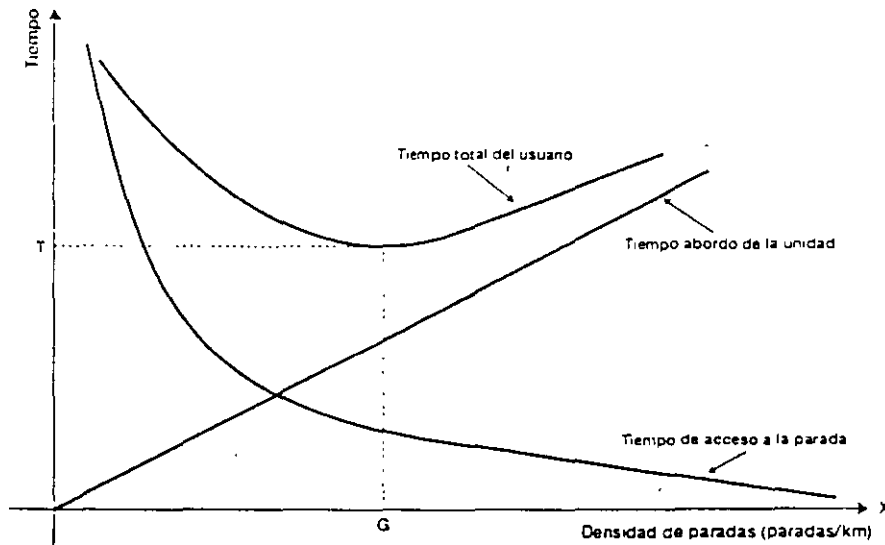
En la definición del espaciamiento recomendable se debe tener presente que una distancia entre paradas muy amplia reduce el número total de paradas en la ruta, con los consecuentes ahorros en los tiempos de recorrido y del tiempo abordo de la unidad en el caso del usuario. Sin embargo, las distancias que deben recorrer a pie los usuarios sufren a su vez un incremento y con ello sus respectivos tiempos de recorrido.

Esto se ilustra en la Figura 4.6 en la cual los tiempos abordo de la unidad se incrementan con una mayor densidad de paradas mientras que los tiempos de acceso a la parada se decrementan con una mayor densidad. La suma de estos dos tiempos permite obtener una función de tiempo total, en donde el tiempo mínimo (T) corresponde a la densidad de paradas ideal (G), parámetro normativo para el espaciamiento de las paradas [8, 9].



Fuente: VOV/VDA. Bus-Verkehrsystem: Fahrzeug, Fahrweg, Betrieb. Düsseldorf: Ort Alba Buchverlag, 1979

Figura 4.5. Velocidad de operación en función de la distancia entre paradas y el tiempo de parada.



Fuente: Referencia [5].

Figura 4.6. Espaciamiento entre paradas.

4.1.1.3 Diseño de la parada

La longitud de una parada debe reflejar el número de autobuses que requiere acomodar simultáneamente en la hora de máxima demanda así como, los requerimientos de maniobra para entrar y salir de la parada y el tipo de parada que se trate.

A su vez, el número de posiciones para el ascenso y descenso de pasaje dependerá de la cantidad de llegadas y el patrón que estas siguen y de los tiempos necesarios para el ascenso y descenso de pasaje (afluencias). La Figura 4.1 anterior muestra el dimensionamiento típico para diferentes ubicaciones de parada, mientras que la Figura 4.7, muestra ejemplos de diferentes paradas.

Se recomienda que las paradas después de la intersección presenten una longitud de 30m. Sin embargo, un mínimo de 25m es aceptable y esta distancia se mide desde la parte posterior del autobús estacionado hasta el inicio



Figura 4.7.
Diferentes paradas de autobuses.

del primer cajón de estacionamiento. Esta dimensión deberá incrementarse después de una vuelta a la derecha.

Las paradas antes de la intersección contarán con una longitud que oscila entre los 28 y los 32m, medidos desde la parte frontal del autobús hasta el frente del último vehículo estacionado.

Las paradas a la mitad de la cuadra deberán fluctuar entre los 40m y los 50m, medidos desde la parte frontal del último vehículo estacionado hasta la parte posterior del próximo.

En aquellos casos donde los autobuses den vuelta a la derecha, se deberá procurar que los radios de la guarnición tengan un mínimo de 8 - 10m, lo que evitará que las unidades se vean forzadas a invadir otros carriles o subirse a la banqueta.

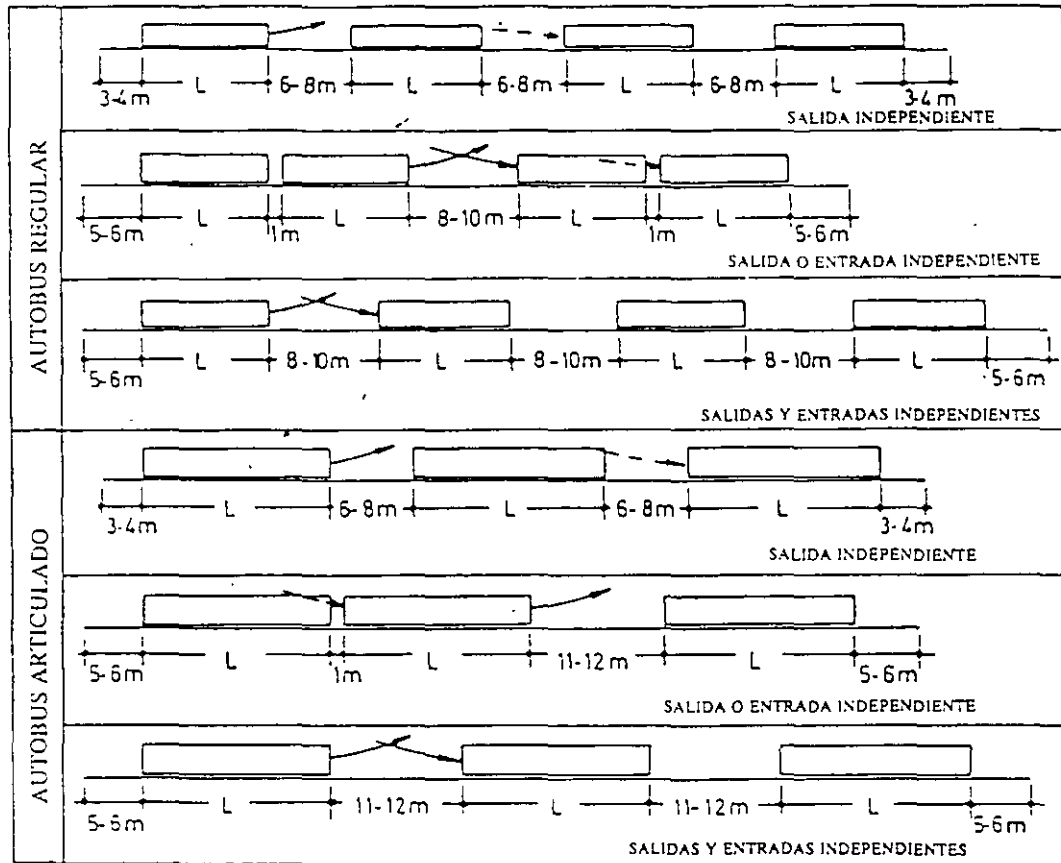
Las paradas múltiples de autobuses a lo largo de la acera o en forma de paraderos longitudinales pueden ser de tres tipos en función de las llegadas y salidas de los autobuses:

- Sin permitir el adelantamiento de unidades
- Permitiendo salidas independientes pero no las llegadas independientes
- Permitiendo llegadas y salidas independientes

La Figura 4.8 muestra el dimensionamiento recomendado para vehículos regulares y articulados. Los valores específicos dentro de los rangos señalados dependen de la longitud y el radio mínimo de giro del autobús así como de la velocidad de aproximación o salida y de la seguridad en la operación [5, 10]. Los autobuses articulados con un tercer eje movable la distancia de aproximación es menor, pero requieren una mayor distancia de salida que aquéllos que presentan un tercer eje fijo.

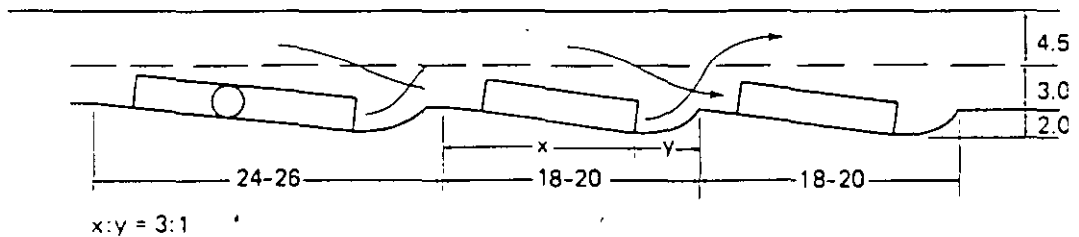
Por otra parte, el diseño de paradas en forma de sierra se ajusta mejor a la geometría de llegada y salida de un vehículo con lo que se logran maniobras más rápidas, fáciles y seguras. Asimismo, se requiere de una menor distancia por parada, aun cuando requieran de obras y espacio suficiente en el área de la acera. La Figura 4.9 muestra el dimensionamiento sugerido.

Al diseñar una parada de autobuses, se debe evaluar y encontrar un balance entre la flexibilidad de operación y la longitud de parada que se requiere. Así se tiene que llegadas y salidas independientes son deseadas para una operación flexible; sin embargo requieren entre un 50 y un 80% más de longitud que aquellas paradas en que no se permite rebasar lo cual implica mayo-



Fuente: VOV/VDA. Bus-Verkehrsystem: Fahrzeug, Fahrweg, Betrieb Dusseldorf: Alba Buchverlag, 1979.

Figura 4.8. Dimensionamiento de un paradero longitudinal.



Fuente: Referencia [10].

Figura 4.9. Dimensionamiento de una parada de autobuses en forma de sierra

1128

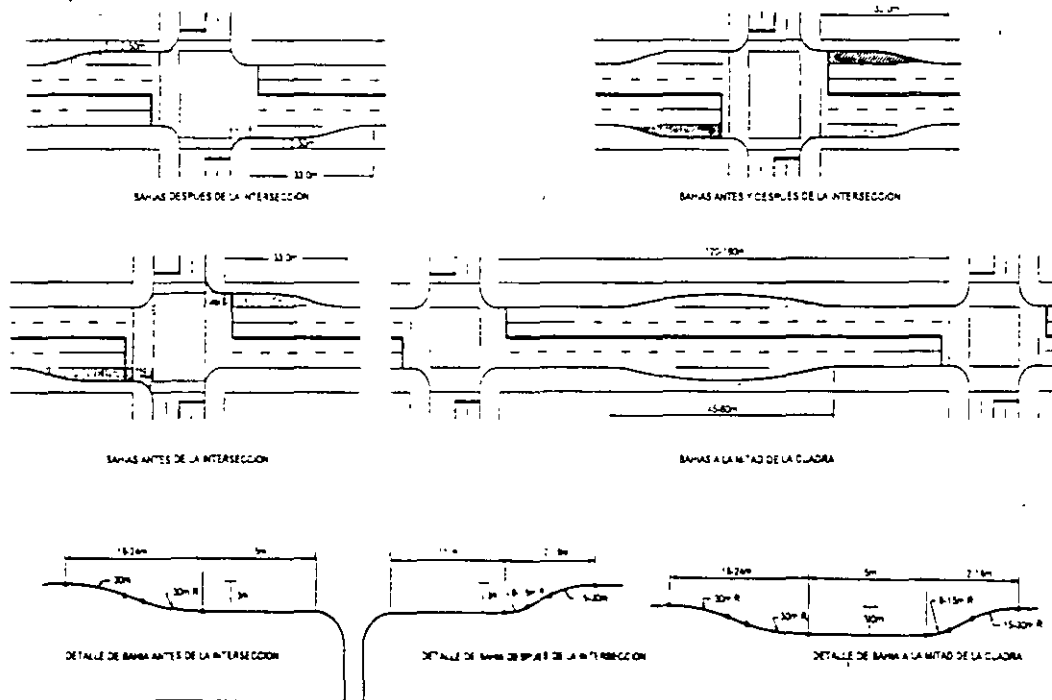
res distancias de caminata y requiere de un mayor número de cobertizos así como un sistema de información mas elaborado.

4.1.2 Paradas fuera de la vía pública

4.1.2.1 Bahías

Las bahías no requieren una inversión cuantiosa y permiten, según el diseño, que uno o mas autobuses puedan introducirse fácilmente al contar con un acceso adecuado en la cual se considera la velocidad de aproximación a la que arriba el vehículo. Asimismo, la salida toma en cuenta el radio de giro que puede lograrse con el vehículo de diseño.

La Figura 4.10 define las principales dimensiones así como los parámetros que deben considerarse (radio de giro, longitud del vehículo, velocidad de apro-



Fuente: Referencia [4].

Figura 4.10.
Bahías para autobuses.

ximación y seguridad de operación). Este tipo de paradas puede complementarse con aspectos distintivos, tales como adoquín o pintura en el área de parada, con lo cual se logra un mayor respeto al hacerse evidente su situación.

Las bahías pueden complementarse con el manejo de las áreas de estacionamiento para automóviles, tal y como lo muestra la Figura 4.11. La protuberancia que separa ambas áreas aumenta la seguridad de los vehículos estacionados, facilita el cruce del peatón y protege a éste mientras espera para cruzar la calle. Asimismo, facilita los movimientos direccionales y su inversión no es considerable.

Una bahía facilita el ascenso/descenso del usuario sin afectar el tránsito normal de vehículos en una parada de autobuses. El número de posiciones de abordaje de una bahía depende de la naturaleza y relación de llegadas de autobuses así como de los tiempos de ascenso/descenso del usuario en la parada. Los requerimientos de posiciones se resumen en el Cuadro 4.4, los cuales están basados en una relación de llegadas aleatorias y en un nivel de



Figura 4.11.
Prolongación de la banqueta para formar una bahía invertida (Burgos, España).

Volumen de autobuses en la hora de máxima demanda	Capacidad requerida (posiciones) cuando el tiempo de parada es:				
	10 seg	20 seg	30 seg	40 seg	60 seg
15	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	2
45	1	1	2	2	2
60	1	1	2	2	3
75	1	2	2	3	3
90	1	2	2	3	4
105	1	2	3	3	4
120	1	2	3	3	5
150	2	3	3	4	5
180	2	3	4	5	6

Fuente: Referencia [4,1].

Cuadro 4.4.
Requerimientos de posiciones en paradas y bahías.

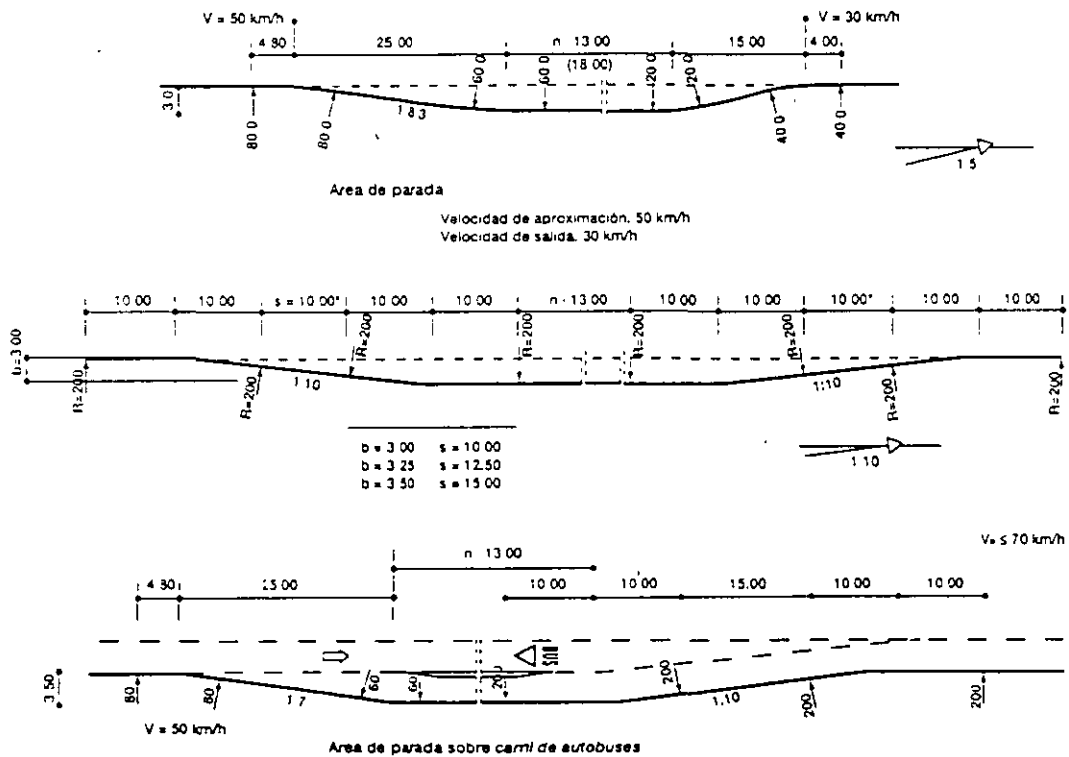
confianza del 95%. Este cuadro se presenta el número de posiciones que se deben ofrecer, bajo el supuesto de que en un 5% de las ocasiones todas las posiciones estarán ocupadas [1, 4, 6].

En el diseño de bahías es recomendable considerar los siguientes aspectos:

- El ancho mínimo de las bahías debe ser de 3m
- El estacionamiento adyacente a estas bahías debe ser prohibido.
- La salida y entrada de la unidad debe ser realizada con facilidad.
- Las bahías a mitad de cuadra incluyen requerimientos de curvas de transición compuestas. El espacio requerido para una posición se ubica entre los 45 y 60m motivo por el cual es recomendable en aquellas cuerdas que presentan longitudes entre 120 a 180m.
- Las bahías ubicadas en el lado cercano requieren para una posición de un mínimo de 15m mas 18 a 24m de espacio de transición. El radio de las curvas se recomienda de 30m con una tangente corta.
- Las bahías en el lado lejano deben ofrecer una longitud de 15m para el posicionamiento del autobús mas 12 a 18m de distancia de transición. Se recomienda el uso de un radio de 7.5 a 15m en la salida de la bahía, seguida de una tangente corta y un radio de 15 a 30m a la entrada a la vialidad principal.

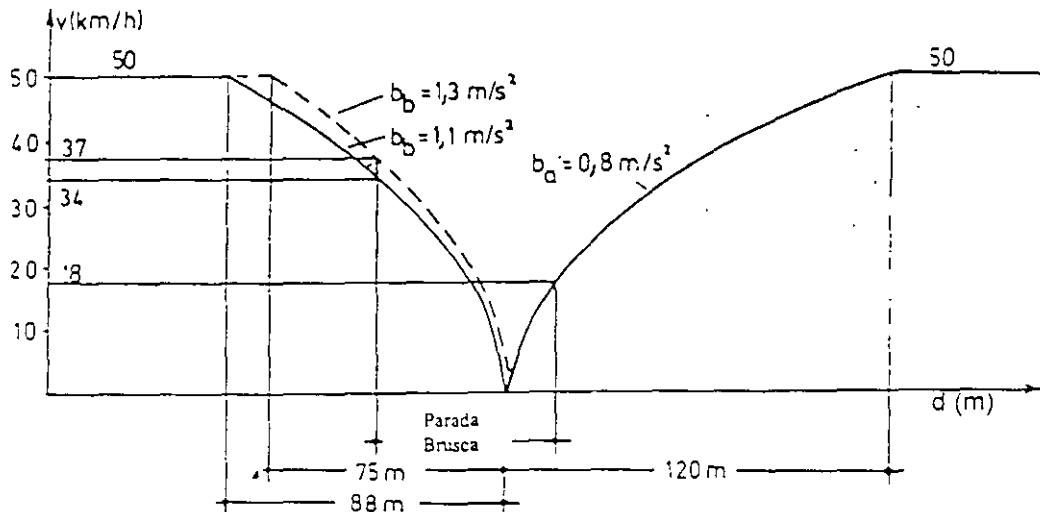
- Es recomendable que el área ocupada por una bahía cuente con un pavimento cuyo color y/o textura contraste con el de la vialidad. Así también, en la señalización horizontal deberá incluirse una línea blanca separadora continua de 15 a 20 cm. de ancho. La señalización vertical mínima deberá incluir la prohibición de estacionamiento dentro de la bahía así como la ubicación del punto de parada.

La Figura 4.12 muestra los rangos recomendados para el dimensionamiento de las bahías, señalándose que la velocidad de aproximación es de 50 km/h y de salida de 30 km/h. Asimismo, la Figura 4.13 muestra el proceso de frenado y aceleración que presenta un autobús que se aproxima a una parada, bajo condiciones normales de desaceleración y aceleración. Se observa que con una velocidad de 50 km/h y una desaceleración de 1.1 m/seg², se requieren 88m



Fuente: Referencia [5].

Figura 4.12.
Diseño de bahías.



Fuente: VOV/VDA Bus-Verkehrsystem: Fahrzeug, Fahrweg, Betrieb Düsseldorf: Alba Buchverlag, 1979

Figura 4.13.
Proceso de frenado y aceleración en la distancia de parada.

para hacer la parada, así como de 120m para recuperar esa velocidad con una aceleración de $0.8\text{m}/\text{seg}^2$ [5].

4.1.2.2 Paraderos

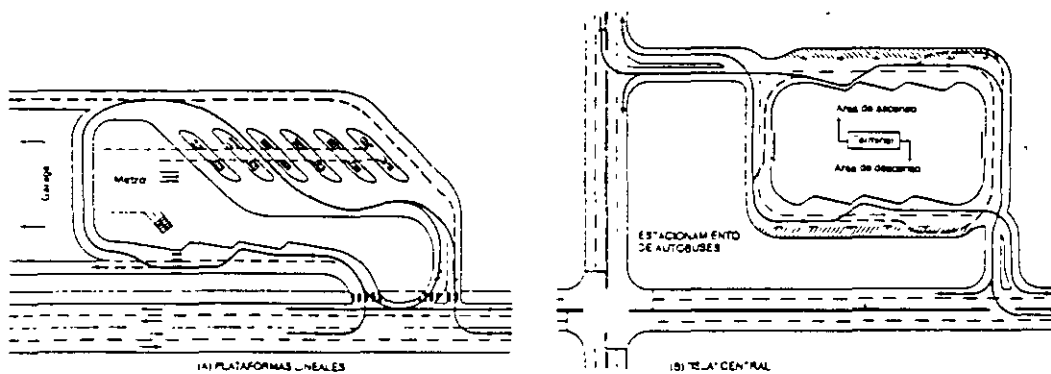
La construcción de paraderos busca facilitar al usuario el intercambio entre medios de transporte al evitar confusiones en sus transbordos, reduciendo las distancias de recorrido y mejorando las condiciones en que se lleva a cabo. Por otra parte, propicia una operación mas eficiente al hacer una mejor utilización de los recursos. Su construcción debe promoverse cuando se presenten las siguientes condiciones:

- existe una insuficiencia en la capacidad de la acera
- existe una fuerte concentración de autobuses que operan en rutas alimentadoras, justificándose su construcción cuando se presentan 50 autobuses durante la HMD en su punto terminal
- cuando las actividades de ascenso/descenso de pasaje en un cierre de circuito desquicia severamente el tránsito en general
- existe una oferta de espacios en cantidad suficiente y en el lugar indicado

El tamaño y capacidad de un paradero así como su esquema de operación interna están en función de los volúmenes, de la forma de llegada y de los patrones de demanda de los usuarios. Por otra parte, los volúmenes de unidades así como sus prácticas de operación entre las que destaca la forma de cobro, la frecuencia del servicio y los tiempos de terminal presentan una influencia que debe ser considerada. Asimismo, resulta conveniente considerar las ligas de acceso con las vialidades circundantes.

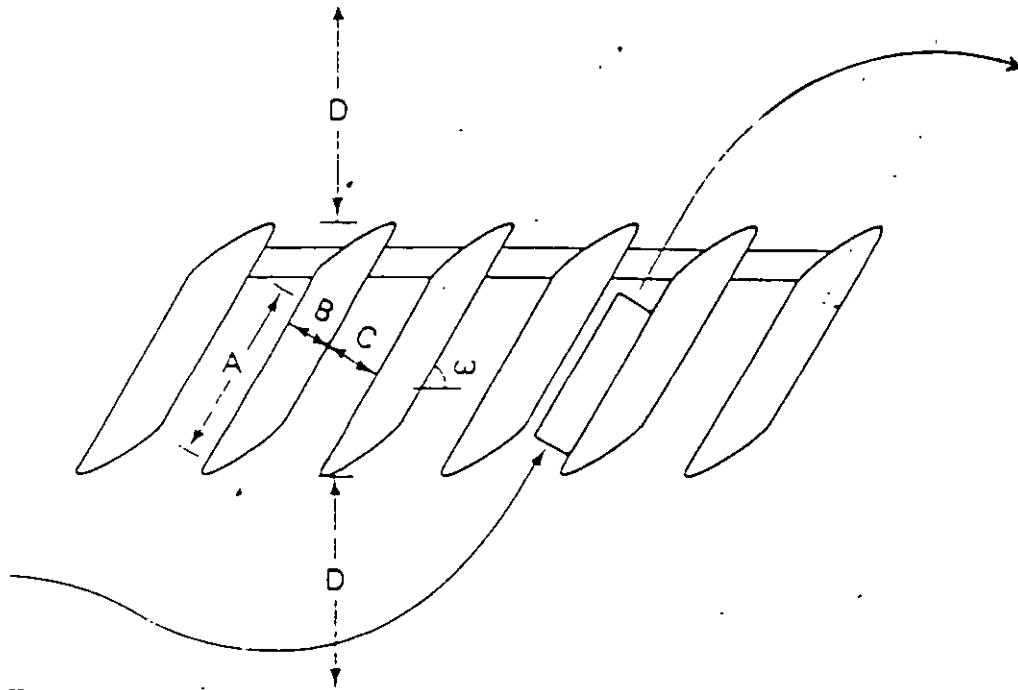
Los paraderos se pueden organizar de acuerdo a uno de dos esquemas generales: plataformas lineales en paralelo o mediante el uso de una sola plataforma central tal y como se muestran en la Figura 4.14. El esquema de plataformas lineales resulta una solución eficiente en paraderos donde terminan un buen número de rutas importantes. Su principal problema reside en el conflicto casi continuo entre usuarios y vehículos al tener los primeros que cruzar de una plataforma a otra. Sin embargo, este problema puede resolverse en forma parcial proporcionando un cruce peatonal subterráneo. La Figura 4.15. muestra el dimensionamiento recomendado para plataformas lineales y los principales parámetros que deben ser considerados. Es importante señalar que cuando mas grande sea el ángulo ω mas grandes serán las dimensiones del paradero debido a los mayores ángulos de giro.

En el diseño de las plataformas [5, 11] es necesario que el espacio destinado sea suficiente para albergar la cola de espera a la vez de proporcionar un área suficiente de circulación. Es importante tener presente las obstrucciones que se pudieran presentar, tales como columnas, cobertizos que pueden de-



Fuente: Referencia [10].

Figura 4.14.
Conceptos para diseño de paraderos.



dimensiones en metros

ω	A	B*	C	D
45°	$L' \text{ o } 2L'+1.00$	1.50-3.00	3.25	8.00-10.00
60°	$L' \text{ o } 2L'+1.00$	1.50-3.00	3.50	10.00-12.00
90°	$L' \text{ o } 2L'+1.00$	1.50-3.00	3.75	12.00-14.00

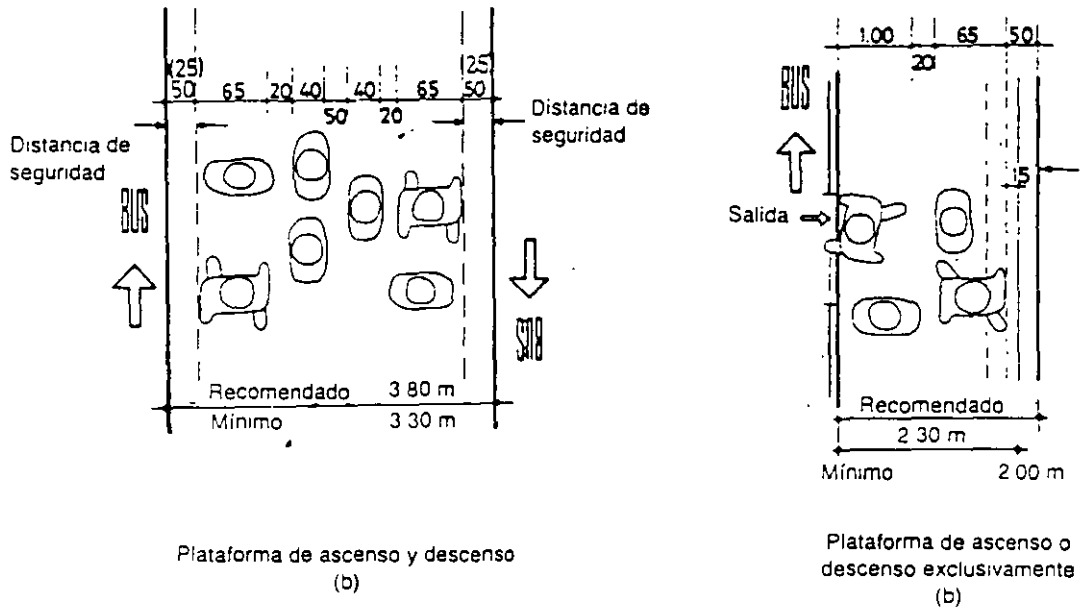
* En caso de considerar escaleras en el área de andenes habrá que añadir 1.50 m como mínimo.

Fuente. Referencia [10].

Figura 4.15.
Dimensiones para paraderos.

mandar un ancho mayor. La Figura 4.16a muestra una isleta para el caso en que se presenten ascensos y por ende se requiere de un área para la formación de colas. A su vez, la Figura 4.16b presenta las dimensiones de una plataforma de descenso o ascenso exclusivo de usuarios, con lo que sus dimensiones pueden reducirse en un 40%.

En el caso de los paraderos con una plataforma central, ésta ofrece una mayor seguridad y comodidad, ya que permite que el usuario transborde sin requerir cruzar ningún carril dentro de un área dotada de suficiente espacio para facilitar sus movimientos. Esto se logra al separar las áreas de ascenso y



Fuente: Referencia [5].

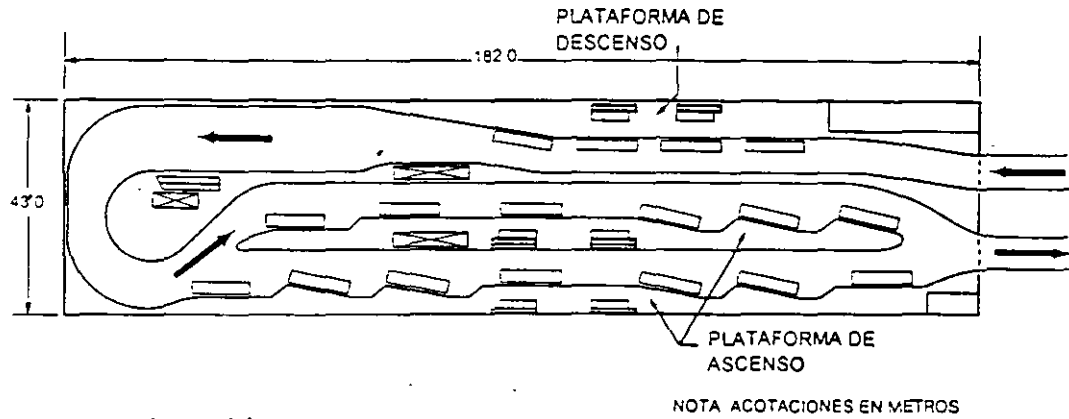
Figura 4.16. Dimensionamiento de plataformas o andenes.

descenso lo que evita el entrecruzamiento de los usuarios que descienden y los que ascienden.

Es importante señalar que los tiempos de descenso suelen ser mas cortos (60% del tiempo de ascenso) que los ascensos por lo que esta separación permite contar con menos posiciones de descenso. La Figura 4.17. muestra un ejemplo esquemático de un paradero longitudinal con plataformas separadas para el ascenso y el descenso.

El diseño de un paradero que sirve como punto de transbordo con otros medios de transporte debe estar regido por cuatro criterios principales [12], los cuales se detallan a continuación:

- *Prioridad en la accesibilidad.* Debe estar concebida para dar prioridad en el acceso a los distintos medios complementarios. Así, el peatón debe ser el mas favorecido, siguiéndole la transportación masiva alimentadora, las bicicletas, los taxis y colectivos, las áreas para dejar y recoger pasaje, y los estacionamientos de transferencia. La Figura 4.18. ilustra esquemáticamente un caso.



Fuente: Referencia [6].

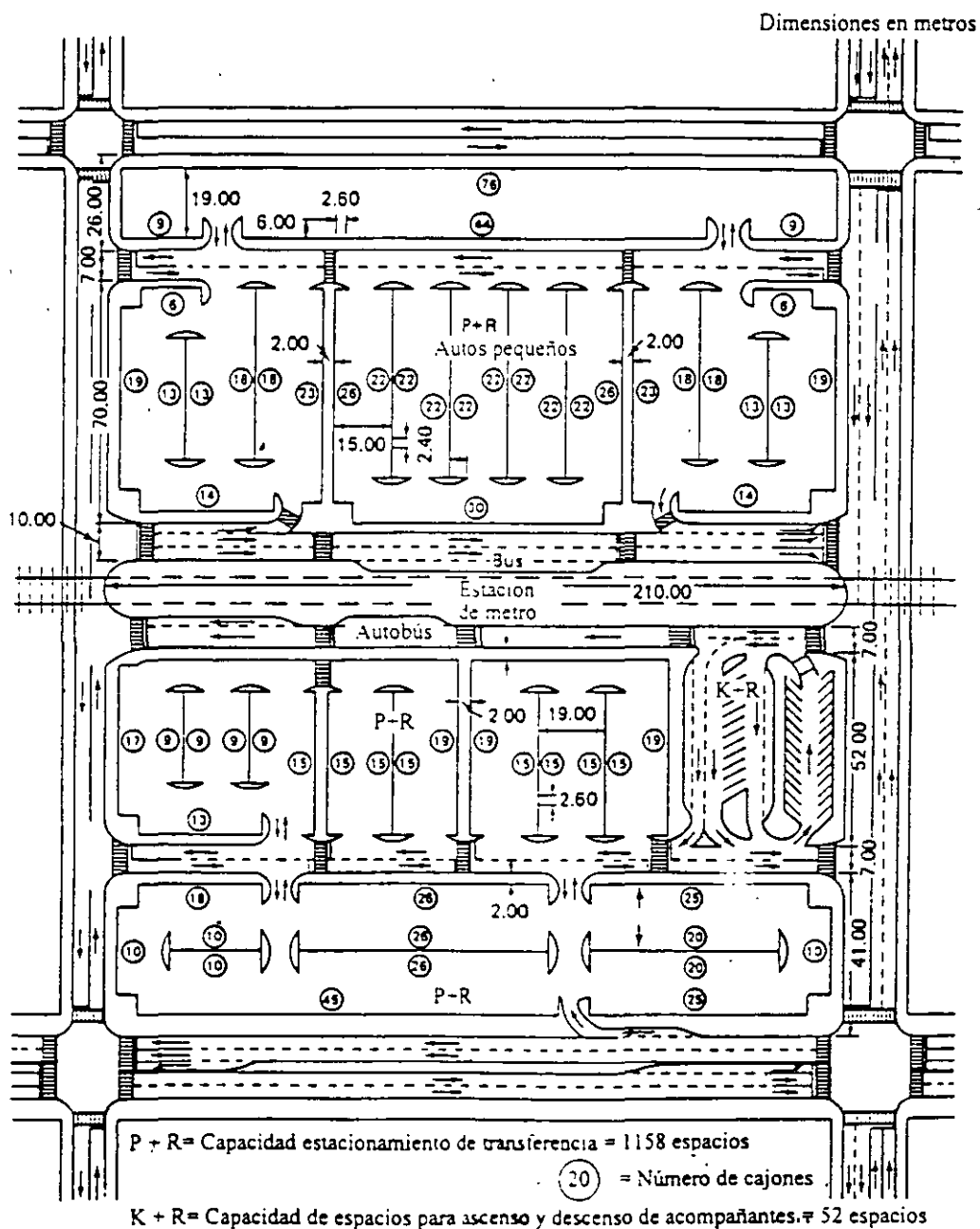
Figura 4.17. Ejemplo de paradero con plataforma separadas para el ascenso y el descenso.

- Separación de los medios de acceso. Esta separación se busca con la finalidad de no crear conflictos entre los diferentes medios de transporte.
- Distancia de caminata. Asimismo, la distancia por recorrer entre los medios de acceso y los andenes debe estar diseñada para ser segura, conveniente y corta.
- Capacidad. La capacidad de las instalaciones debe ser adecuada. Asimismo, debe permitir al usuario orientarse fácilmente y facilitar el flujo de tránsito.

Los principales factores que van a determinar el número de posiciones o bahías son los siguientes:

- Número de rutas que llegan
- Intervalos de cada ruta, a la hora de máxima demanda
- Coordinación de itinerarios para prever el requerimiento de espacios actuales y futuros
- Confiabilidad en la operación del sistema
- Tiempo de espera de los autobuses en la terminal.

Se considera que rutas con intervalos menores de 5 minutos necesitan dos bahías ya que los retardos en los autobuses originan que los tiempos de espera coincidan; mientras que rutas con intervalos de 5 a 15 minutos solo requieren una bahía. En los casos que las rutas presenten intervalos mayores,



Fuente: Referencia [12].

Figura 4.18. Diseño de una estación utilizando los principios señalados.

éstas pueden compartir con otras rutas determinadas bahías, siempre y cuando los horarios aseguren llegadas alternadas.

4.2 Estaciones y terminales

Se conoce con el nombre de estaciones de paso a las áreas que se encuentran fuera de la circulación y que pertenecen normalmente a sistemas de transporte férreos y estaciones terminales a aquéllas donde hace cierre de circuito una unidad de transporte. Una estación de transferencia es aquella infraestructura diseñada para facilitar el intercambio de pasajeros, ya sea de un mismo medio de transporte (metro-metro) o entre varios medios de transporte (metro-autobús; autobús-tren ligero). Cuando estas estaciones de transferencia cuentan con las instalaciones adecuadas así como las posiciones o bahías necesarias para acomodar al número de vehículos que convergen en ese punto se le conoce a estas instalaciones como paraderos, aspecto tratado anteriormente.

En el caso de las estaciones terminales, éstas se encuentran en las puntas de las líneas y pueden servir como puntos de transferencia entre las rutas alimentadores y otras rutas o medios de transporte (autobús-metro; autobús-autobús; autobús-tren ligero). Las estaciones de paso son aquéllas cuya función es servir al área circundante y donde no se dan intercambios de pasajeros.

4.2.1 Requerimientos de una estación

En el diseño de una estación se deben analizar los requerimientos del usuario, del prestatario del servicio y de la comunidad.

Al usuario le va a interesar que el tiempo y la distancia de recorrido sea mínima, del acceso al andén o de andén a andén, en caso de transferencias. Asimismo, se va a buscar que exista una conveniencia al utilizar la estación, es decir que pueda orientarse y contar con patrones de circulación adecuados, que cuente con una adecuada capacidad y un fácil ascenso y descenso.

Por otra parte, el usuario va a desear comodidad a través de un diseño adecuado y funcional, protegido de la intemperie y con poco uso de escaleras. La seguridad y vigilancia van a jugar un papel importante por lo que las superficies deben ser seguras y se debe contar con una adecuada iluminación y visibilidad.

Por otra parte, el prestatario del servicio, buscará tener costos mínimos en su operación y mantenimiento; el contar con la capacidad adecuada tanto en

la estación en su conjunto como en las áreas peatonales. Será importante el logro de una flexibilidad en su operación que permita lograr una adaptabilidad a condiciones de horas de máxima demanda diferentes así como en relación a cambios en el tipo de recolección de tarifas. Asimismo, buscará una fácil supervisión mediante una buena visibilidad de los andenes y de las áreas de recolección de tarifas. Esto permitirá lograr una mayor eficiencia, así como una mayor seguridad y menor riesgo de vandalismo.

Finalmente, la comunidad buscará tener un sistema eficiente, correctamente aprovechado y operado, donde los costos de inversión sean los mas reducidos posibles y que la estación no traiga efectos inmediatos, mediatos y a largo plazo negativos para la sociedad.

4.2.2 Elementos de una estación

Una estación se compone de varios elementos, siendo los principales:

- accesos, pasillos y escaleras
- vestíbulo
- andenes

4.2.2.1 Accesos

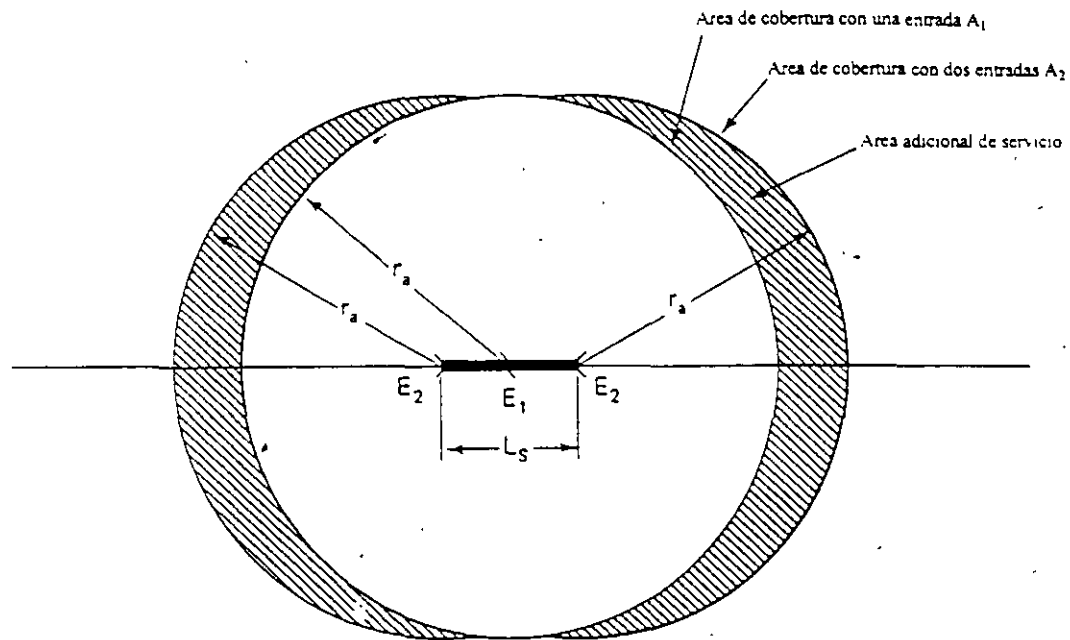
El número y ubicación de los accesos a las estaciones influyen directamente en la aceptabilidad por parte del usuario así como en la integración del sistema de transporte público con las áreas y construcciones cercanas a la estación. Puesto que el usuario percibe que ha llegado a la estación al momento de acceder a la misma, el diseño de la estación debe proveer de escaleras en ambos lados del andén, ya que resulta en una mejor cobertura que en el caso de un solo acceso. Las áreas de cobertura [10], las cuales se muestran en la Figura 4.19, para un acceso sencillo y uno doble son, respectivamente:

$$A_1 = r_a^2 \times \pi \quad y;$$

$$A_2 \cong r_a^2 \times \pi + 2r_a L_s$$

donde:

- A = área de cobertura [m²]
- r_a = radio del área de cobertura [m]
- L_s = longitud de la estación [m]



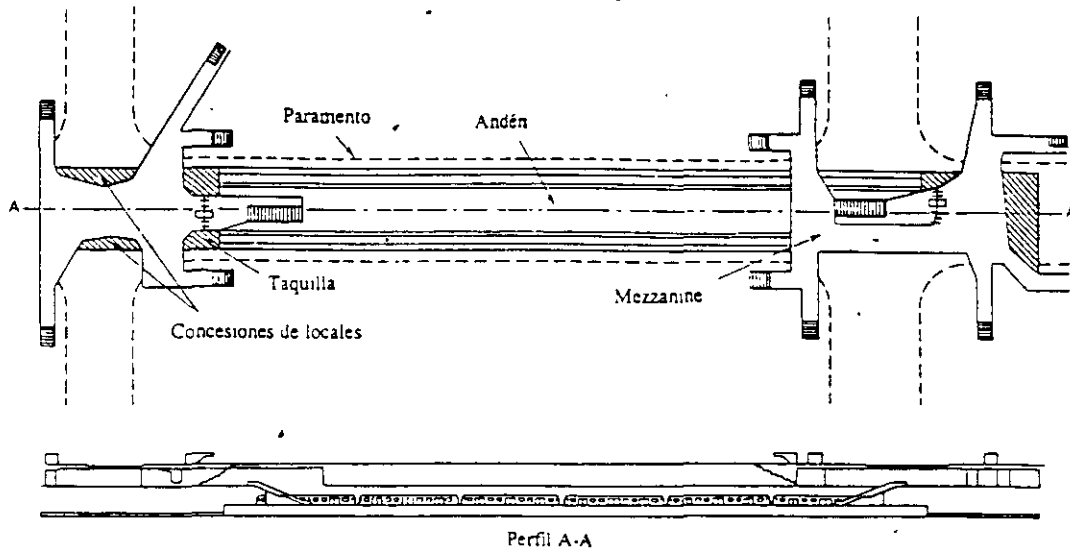
Fuente: Referencia [10].

Figura 4.19. Comparación del área de servicio para estaciones con uno y dos accesos.

La diferencia de la cobertura puede ser substancial ya que:

$$\Delta A = A_1 - A_2 \cong 2r_a L_s$$

La Figura 4.20 muestra dos ejemplos de ubicación de accesos en una estación. Las estaciones con accesos centrales en ambos lados permiten una mayor seguridad así como menores costos laborales. Las estaciones con accesos en sus extremos representan la mejor opción para el usuario y si ésta se diseña con un área de mezzanine en las intersecciones adyacentes y una buena parte del mezzanine está fuera del límite de área de pago tarifario éstas pueden servir como paso peatonal deprimido. Con ello, se reduce el movimiento peatonal en la intersección y se hace una mejor utilización de la infraestructura, pudiendo, además incorporar tiendas, aparadores así como accesos a los mismos edificios. La Figura 4.21 muestra el esquema adoptado en Guadalajara para su estación de transferencia entre la Línea 1 y 2 de tren ligero.



Fuente: Referencia [10]

Figura 4.20.
Ejemplo de ubicación de accesos

4.2.2.2 Pasillos

La función de los pasillos o corredores puede sintetizarse en tres tipos diferentes:

- Comunicar al vestíbulo con el andén
- Comunicar andenes de la misma o distinta estación
- Comunicar los vestíbulos con el exterior

Esto induce a considerar el correcto dimensionamiento del pasillo, de acuerdo con el movimiento esperado y una adecuada canalización de las circulaciones de usuarios, principalmente en los casos de transferencias y los accesos a las estaciones.

El cálculo de la capacidad de un pasillo parte de los movimientos de pasajeros máximos previsible en cada estación a la hora de máxima demanda [11]. Para cada caso, es conveniente estudiar las incidencias anormales, tal como la evacuación completa de un tren en el andén y la subsiguiente evacuación del público en caso de emergencia. Es importante señalar que a mayor velocidad de marcha del usuario, la densidad de usuarios será menor.

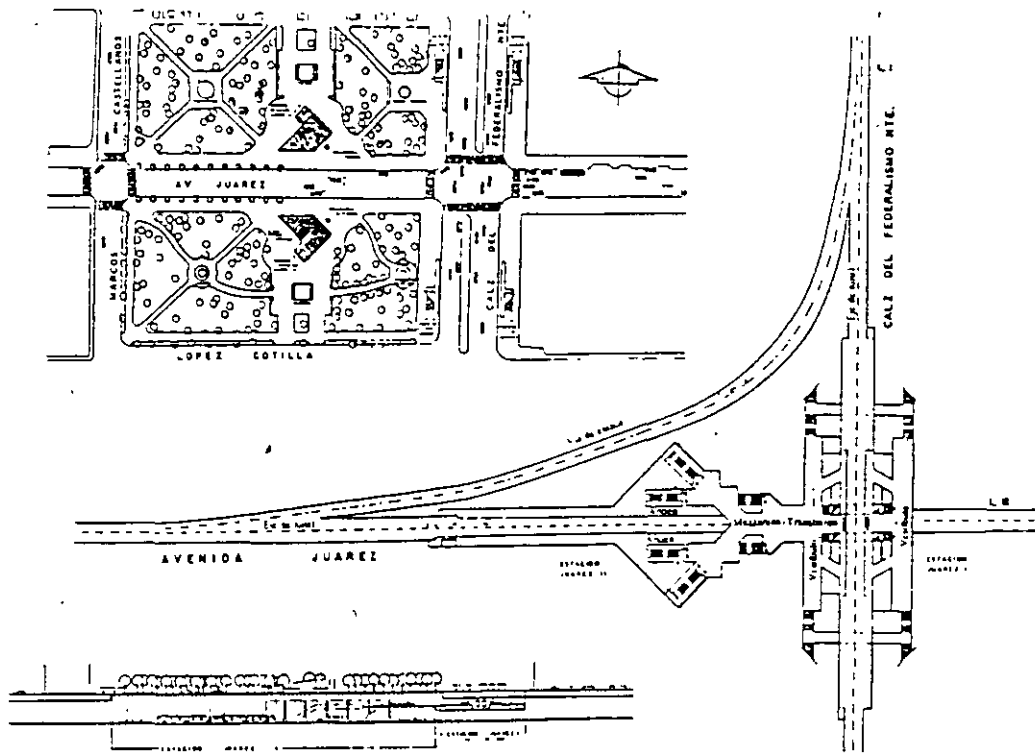


Figura 4.21.
Estación de transbordo en Guadalajara (Cortesía de PRODETEC, S.A. DE C.V.).

Por otra parte, se tiene que la capacidad de usuarios que puede absorber un pasillo o plataforma aumenta con la densidad hasta un punto (mas de 4 pasajeros por m^2) donde la capacidad decae. Naturalmente, la densidad que se presenta en los andenes suele ser mayor que la que se da en los pasillos dada la concentración momentánea de pasajeros que se presenta.

Es importante conocer con certeza el movimiento máximo esperado que pueda tener la estación para su correcto dimensionamiento. Sin embargo, esto depende de factores difíciles de cuantificar a futuro, como lo es la población beneficiada, la atracción directa o indirecta de la estación, el uso del suelo predominante en el área circundante a la estación, los horarios de trabajo.

El dimensionamiento de los pasillos de acceso para transbordos entre estaciones pertenecientes a dos líneas diferentes es complejo ya que el público los utiliza por oleadas. Es decir, un tren llega la estación A1 y cierto número de usuarios se baja del tren para transbordar a la estación A2. Este movimien-

to se da en un lapso corto de tiempo, donde todos pretenden circular al mismo tiempo y por ende se utiliza muchas veces el acceso a la máxima capacidad calculada. Esto se complica aún más, si el pasillo de transferencia es en ambos sentidos.

Su análisis puede hacerse mediante el trazo de los movimientos en un plano simplificado de la estación. Una vez que se establecen todos los movimientos y volúmenes, se suman para cada tramo, puesto que se pueden dar coincidencias en la llegada de trenes (caso más desfavorable). Esto nos permite proceder a dimensionar los pasillos, según lo expuesto anteriormente, dejando un cierto margen de incertidumbre, por ejemplo, un 20%.

En el caso de utilizar rampas, se recomienda que su pendiente se sitúe en el orden de 4 a 6%, aún cuando, en ciertos tramos, algunos sistemas como el de París admiten hasta un 10%. Naturalmente, en pasillos con rampas se deben utilizar pavimentos antirresbalantes. La Figura 4.22 muestra la utilización de rampas en una estación del tren ligero en Hannover, Alemania.



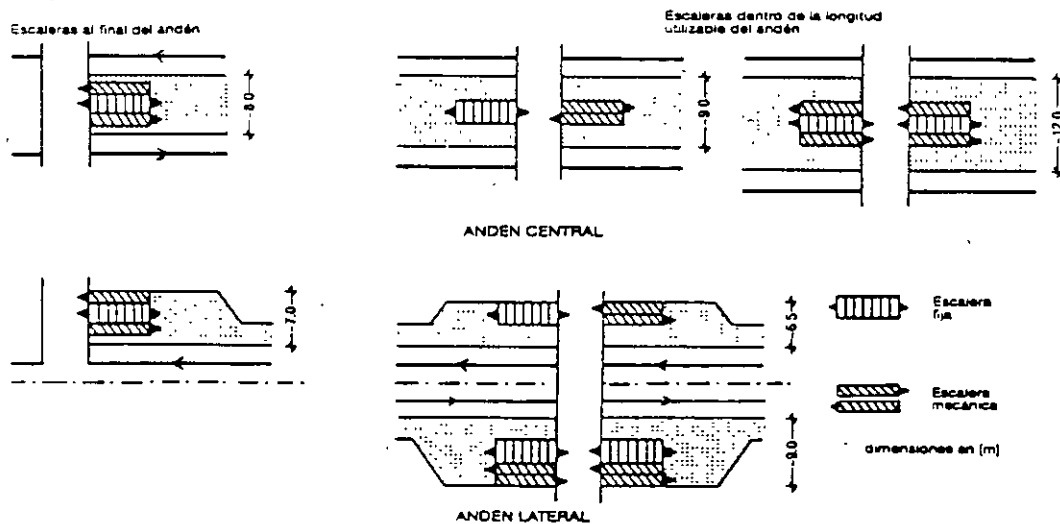
Figura 4.22. Rampas en una estación (Hannover, Alemania)

Finalmente, en el punto de unión de pasillos con escaleras, se debe buscar el paso progresivo de un ancho a otro, en caso de existir estas diferencias.

4.2.2.3 Escaleras

Las diferencias de niveles en las estaciones se salvan mediante escaleras fijas, mecánicas o mediante elevadores. Las escaleras no deben ser excesivamente largas, y de serlo, es recomendable dividir las en tramos, entre los que se ubican descansillos. Asimismo, el número de escalones entre descansillos no debe sobrepasarse de los 20 peldaños, siendo el valor recomendable el de 12 escalones. Se deben evitar tramos cortos de dos o tres escalones ya que no son prácticos y por ende deben agruparse, o en su caso suprimirse, sustituyéndolos por rampas.

En el caso de contar con escaleras mecánicas paralelas a las escaleras fijas, el uso de los descansillos puede suprimirse, si ésta es utilizada únicamente como escalera de emergencia. Sin embargo, la mayoría de los sistemas, incluyendo el de México, lo utilizan. Estos descansillos no deben ser menores de 0.90 m de longitud. La ubicación recomendable de escaleras que comunican con el andén se muestran en la Figura 4.23, tanto para el caso de andenes laterales como centrales [11].



Fuente: Joachim Fiedler. *Grundlagen der Bahntechnik*. Düsseldorf: Werner-Verlag GmbH, 1980.

Figura 4.23. Ubicación de las escaleras en andenes centrales y laterales.

Los anchos de escaleras no deben ser menores de 1.60 m y en caso de tener ± 50 m o mas, deben contar con un pasamanos central que permita separar las direcciones de circulación y dar mas puntos de apoyo al usuario. Asimismo, los puntos bajos de una escalera no deben estar a menos de 2.10 m de la vertical de la misma, mientras que el pasamanos estará en vertical a 0.90 m.

En caso de estaciones a profundidades medias o grandes, las escaleras mecánicas son el procedimiento mas empleado para subir y bajar a los usuarios tal y como se muestra en la Figura 4.24. La tendencia actual es llevar, si es posible, al usuario desde el andén al vestíbulo y de éste a la calle mediante varios tramos de escalera mecánica.

Se pueden considerar cuatro tipos de escaleras mecánicas según su forma de operar, siendo éstas:

- De operación continua
- De operación automática, las cuales están dotadas de aparatos de arranque automático, ya sea por celdas fotoeléctricas o tapetes metálicos.

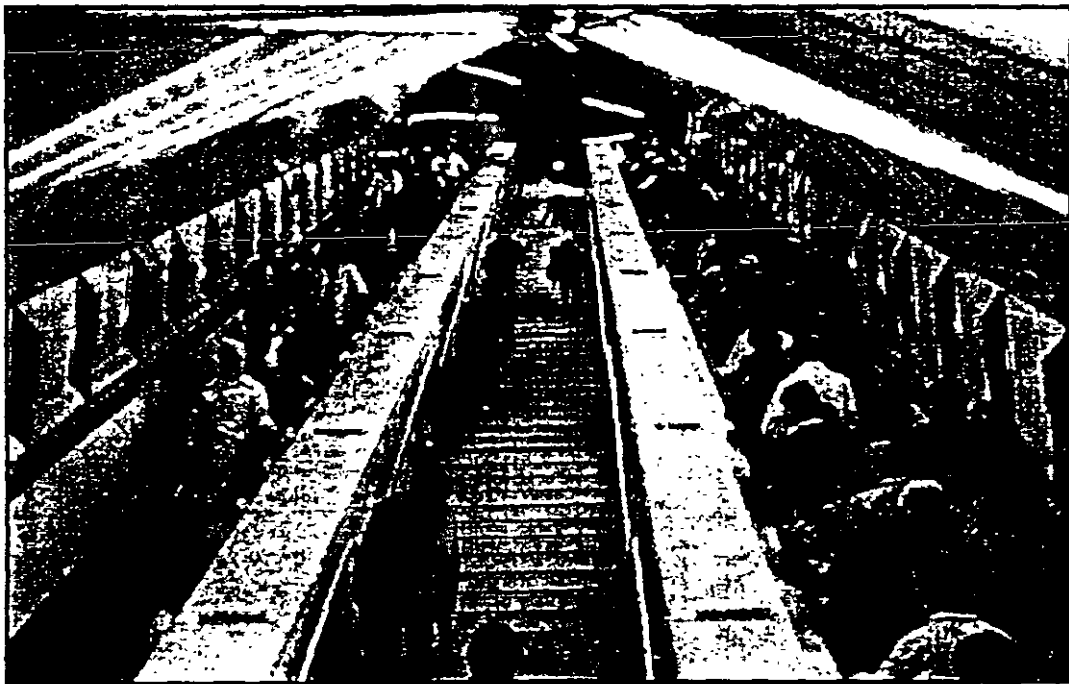


Figura 4.24.
Escalera mecánica (Newcastle upon Tyne, Gran Bretaña).

- De operación reversible, en la cual la dirección de avance puede ser modificada
- De operación al aire libre, en la cual se encuentra sin protección alguna contra el clima (sus costos de inversión y mantenimiento son de 10 al 15% mas altos que en caso de escaleras protegidas).

Al proyectar una estación, se suele plantear el problema de si las escaleras mecánicas deben considerarse de un solo tramo o de varios. Este aspecto es muy importante ya que ha de ser decidido en el proyecto de la obra civil y la solución generalmente, es irreversible. Si se compara la solución de escaleras mecánicas de varios tramos con las de un solo tramo, se tienen las siguientes ventajas y desventajas:

- + menores problemas y molestias en caso de averías
- + estandarización de escaleras hasta de 12 m de profundidad
- + menor complejidad en su mecánica
- + menor monotonía para el usuario
- mayor número de ascensos y descensos, con el consecuente peligro de accidente para el usuario
- menor comodidad para el usuario
- se debe contar con áreas amplias de colas entre tramo y tramo, en caso de existir fallas.

El ángulo de inclinación de las escaleras mecánicas es generalmente entre 27 y 30 grados, siendo el mas común de 30 grados. Con ángulos de 35 grados o mayores, sobre todo en tramos largos, se presenta en algunos usuarios una sensación de vértigo.

El ancho libre de la escalera mecánica varía entre los 0.6 m para un solo canal de circulación a 1.20 m para dos canales de circulación. El primer ancho no debe ser tomado en cuenta en el diseño de una estación mas que en casos en que la anchura disponible en el acceso obligue a ello. Es preferible el ancho de 1.20, puesto que permite dos filas de usuarios, lo cual, en algunos casos condiciona a que el lado derecho sea utilizado por usuarios que vayan parados y el izquierdo para que el usuario suba/baje los escalones mientras está en marcha la escalera.

La velocidad de marcha de una escalera está en función de la altura por salvar. Debe tenerse presente que resulta peligroso para el usuario que se cuente con escaleras con diferente velocidad en una misma estación, ya que

en algunas circunstancias puede suponer, sobretodo en personas de edad, la pérdida del equilibrio y peligro de accidentes.

El aumento de la velocidad de la escalera no supone un aumento en la capacidad de línea de la misma. Esta reducción se debe a que el ascenso a una velocidad mayor separa a los usuarios, a la vez de crear una mayor duda en el ascenso, lo cual retrasa y en consecuencia disminuye la capacidad. Una escalera mecánica transporta en promedio 100 pasajeros por minuto, siendo su capacidad de línea del orden de los 11,000 pasajeros por hora. En caso de volúmenes mayores a la capacidad anterior, será necesario multiplicar el número de escaleras. En estos casos, una solución recomendable es la de colocar tres escaleras; una de subida, otra de bajada y la tercera ajustable a la demanda.

Para las escaleras de 30 grados de inclinación, los escalones tienen dimensiones de 20 x 40 x 120 cm. Un aspecto para la seguridad del usuario es la longitud de los escalones cerrados que deben haber al momento de subir o bajar de la escalera, así como el radio de apertura de los mismo, el cual marca la aceleración vertical que el pasajero sufre. Las escaleras están generalmente construidas por una aleación ligera y forma una cadena sin fin de escalones, los cuales están apoyados a unas guías de acero, mediante ruedas. Estas permiten una translación de los escalones a lo largo de las guías, de forma suave y silenciosa. La cadena de escalones va arrastrada por otra cadena, la cual proporciona la tracción que viene del motor. Existe, además, otra cadena mas ligera, sincrónica con la anterior y que mueve los pasamanos de hule, al mismo tiempo que las escaleras.

Estos mecanismos van alojados en sus respectivas fosas, en las cuales debe tenerse muy en cuenta el espacio necesario que debe dejarse en las fosas para posibilitar la revisión y limpieza así como su ventilación ya que si no se establece una corriente suficiente de aire, los elementos de la escalera, sobretodo los eléctricos, pueden alcanzar temperaturas excesivas.

4.2.2.4 Elevadores

Los elevadores se instalan generalmente como complemento a las escaleras mecánicas, como sustitución de éstas o como apoyo para los minusválidos. Si se comparan los elevadores con las escaleras mecánicas, se tienen las siguientes ventajas y desventajas.

- + mayor comodidad para el usuario
- + menor tiempo neto de recorrido (sin considerar esperas)

- + utilizable por cualquier persona (minusválidos, ancianos)
- + mayor seguridad y fiabilidad
- problemas de pánico en caso de fallas a mitad de piso
- necesidad de sistemas de alarma o control entre el usuario y el encargado de la estación (elevadores automáticos).

Las puertas de apertura y cierre automáticas de los elevadores deben poseer bordes protectores o celdas fotoeléctricas que eviten que los usuarios puedan ser aprisionados. Los elevadores deben quedar perfectamente a nivel en las plataformas de entrada y salida de piso, lo cual exige que estén provistos de equipos de micronivelación.

Los ascensos y descensos deben ser independientes, entrando, si es posible, los usuarios por un lado y saliendo por el otro. Las plataformas de ascenso y descenso deben ser amplias, al menos dos veces y media la capacidad de los elevadores y con una rápida y fácil comunicación hacia los vestíbulos o pasillos de acceso o salida.

En los casos en que se utilizan únicamente los elevadores como elemento de transporte entre el andén y la superficie, éstos se agrupan en baterías de elevadores, gobernados por una programación automática que en la bajada (efectuado a un intervalo prefijo o por aviso, también automático, de la llegada de un tren) anuncia el elevador próximo a salir mediante un rótulo luminoso y apertura de sus puertas. La subida se efectúa en cierto tiempo después que el tren abandona la estación. El estudio de uno o varios programas de servicio, según las horas del día, es muy importante para el funcionamiento de una batería de elevadores.

Otro aspecto a considerar en los elevadores automáticos es el aviso de sobrecarga. Si por aglomeración entran en la cabina mas pasajeros que los máximos tolerados, su peso actuará sobre un detector que impedirá el arranque del elevador. Un letrero luminoso debe avisar que han entrado un número excesivo de usuarios. A través de grabaciones se debe avisar al público de que el elevador va a arrancar, aconsejándoles que no entren.

La capacidad de un elevador está en función del tiempo del recorrido y de la capacidad de pasajeros que tiene la cabina del elevador. Así se tiene que la capacidad de línea de un elevador, en ambas direcciones viene dado por:

$$C = \frac{3,600C_v}{2t}$$

donde:

- C = capacidad de línea (pas/hora)
- C_v = capacidad de la cabina del elevador (pas)
- t = tiempo de recorrido, en un sentido (s)

La fórmula aproximada empleada por la RATP de París establece que el tiempo de recorrido viene dado por:

$$t = 7.8 + \frac{C_v}{d} + 1.2V + \frac{h}{V}$$

donde:

- t = tiempo de recorrido [s]
- C_v = capacidad de la cabina del elevador [pas]
- d = ancho de la puerta [m]
- V = velocidad del elevador [m/s]
- h = diferencia de altura entre niveles [m]

Así por ejemplo, un elevador con cabina de 4 x 3 m y considerando 5 pasajeros por m² y una velocidad de 4 m/s, puede transportar 1,000 pasajeros por hora por sentido aproximadamente, o sea, la décima parte de la capacidad de una escalera mecánica.

4.2.2.5 Vestíbulo

El tipo de vestíbulo depende en gran medida del tipo de trazado y de estaciones que se han proyectado. En base a esto, se puede establecer una primera clasificación, siendo ésta.

- superficial { para estación elevada
para estación de superficie
para estación subterránea
- subterránea { en mezanine
profunda

Estos tipos cubren los casos mas comunes de ubicación y utilización de los mismos.

Los vestíbulos superficiales suelen consistir o formar parte de un edificio. Por abajo o por encima de este edificio está ubicada la estación, según si la línea es también de superficie, los andenes estarán a nivel y el edificio que aloja el vestíbulo estará generalmente a un lado o por encima de las vías. La Figura 4.25 muestra un ejemplo de este tipo de vestíbulo. -

Los vestíbulos en mezzanine se ubican a escasa profundidad y de ahí parten las escaleras para descender a los andenes. Estos son los más empleados en líneas de metro subterráneas. La Figura 4.26 es un ejemplo de este tipo de vestíbulo. En ciertas ocasiones, las mismas condicionantes de los edificios u obras arquitectónicas aledañas, obligan a ubicar el vestíbulo a una mayor profundidad, a las que a veces hay que acceder mediante escaleras mecánicas o elevadores. Esta solución debe evitarse en lo posible, ya que deja amplias zonas de escaleras fuera de la vigilancia habitual, siendo por esto propicias al



Figura 4.25.
Vestíbulo en una estación de superficie (Newcastle upon Tyne, Gran Bretaña).



Figura 4.26.
Vestíbulo en mezzanine (Ciudad de México, México).

vandalismo o una reducción en la seguridad de los usuarios, sobre todo a horas de baja demanda.

Se debe considerar la posibilidad de utilizar el área del vestíbulo como un área de paso entre las calles, con el consecuente ahorro de infraestructura extra para el peatón. Asimismo, en algunos casos las áreas de vestíbulos pueden ser utilizadas para incorporar ciertos tipos de comercios o para hacer conexiones directas entre los vestíbulos y las tiendas departamentales y edificios importantes. Sin embargo, una de las funciones más importantes que debe cumplir un vestíbulo es el alojar los sistemas de venta y recolección de boletos, como se muestra en la Figura 4.27.

Para conseguir una fluidez hace falta que el número de instalaciones sea lo suficientemente amplio para absorber las máximas demandas de pasajeros. Al ocupar espacio las taquillas, máquinas expendedoras de boletos y torniquetes se hace necesario cuantificar lo más aproximado posible el número de viajeros que van a llegar y su cadencia más desfavorable. Esto permitirá



Figura 4.27.
Área de recolección y venta de boletos (Hannover, Alemania).

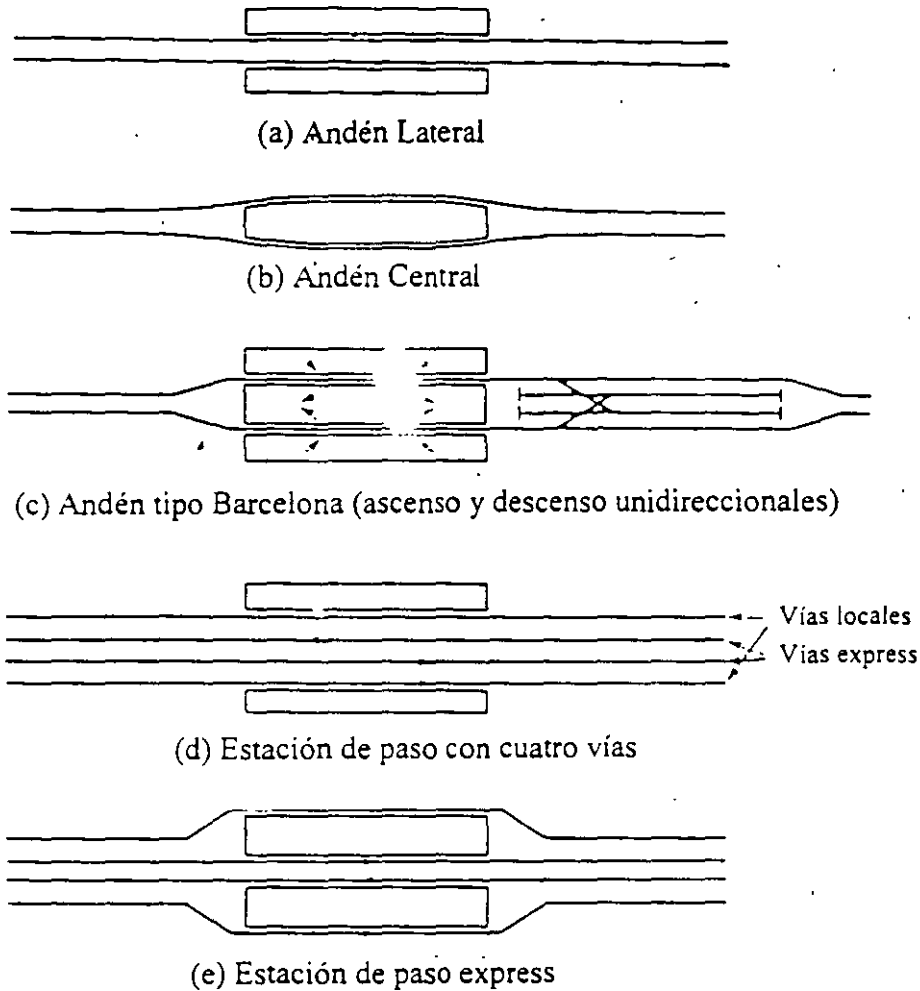
hacer un diseño adecuado del vestíbulo, para lo cual se requiere conocer el sistema tarifario y de control que se va a establecer, pudiendo ser:

- no hay control ni a la entrada ni a la salida
- control solamente a la entrada
- control solamente a la salida
- control a la entrada y salida

4.2.2.6 Andenes

El andén es el área utilizable donde el usuario aguarda para abordar un tren. La Figura 4.28 muestra diferentes tipos de andenes para estaciones de paso [10] los cuales pueden ser utilizados para tren ligero, metró o en ferrocarriles regionales. Entre los principales tipos de andenes se tienen:

- andenes laterales
- andén central



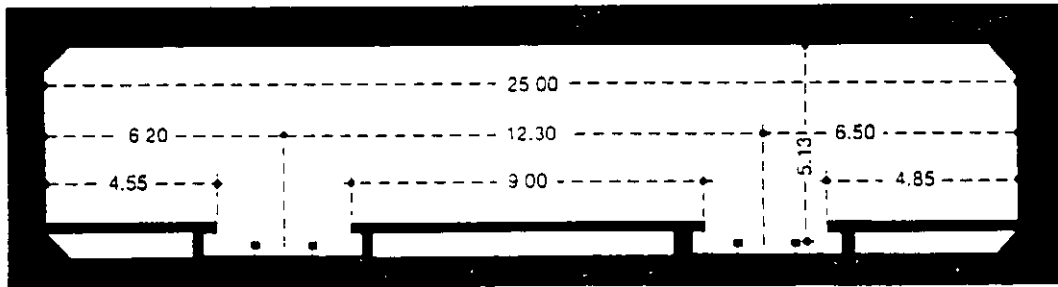
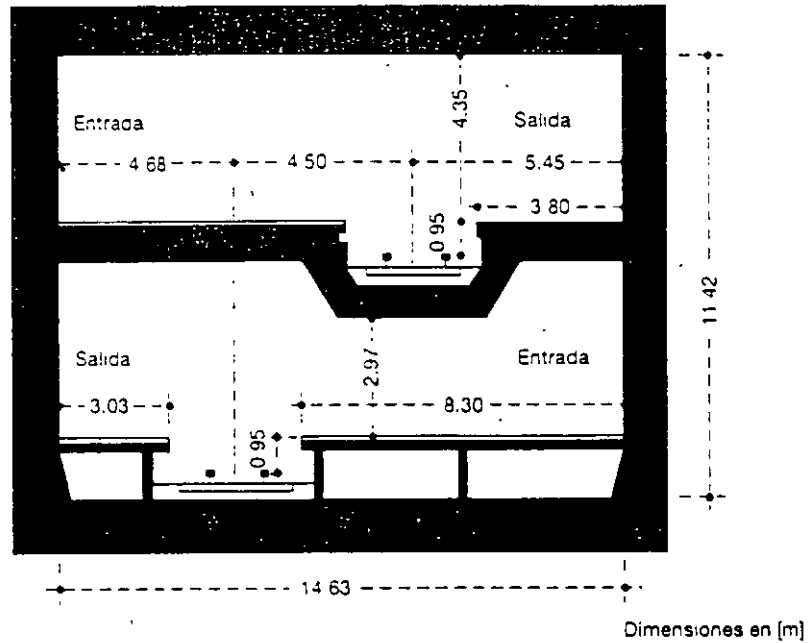
Fuente: Referencia [10].

Figura 4.28.
Variantes en los andenes de una estación de paso.

- andén tipo Barcelona
- andén para servicio local y express
- andén de unión o fusión de líneas
- andén de transferencia

Normalmente, las estaciones de medios de transporte férreos cuentan con andenes de los dos primeros tipos, quedando los cuatro tipos restantes para

casos particulares. Así por ejemplo, los andenes tipo Barcelona son empleados en aquellas estaciones donde el intercambio de pasajeros es fuerte y la línea está operando cerca de su capacidad, por lo que se ofrecen tres andenes, como se muestra en la Figura 4.29. El andén central se utiliza para desfogar a los usuarios que bajan en esta estación, mientras que los usuarios que van a abordar la unidad lo hacen por uno de los andenes laterales, tal y como se



Fuente: Referencia [11].

Figura 4.29.
Andenes en uno y dos niveles.

muestra en la Figura 4.30, correspondiente a la estación Indios Verdes de la Ciudad de México. Asimismo, se puede contar con dos niveles en la estación, en donde cada nivel representa una dirección del viaje, permitiendo con ello reducir la sección y adecuar los anchos de los andenes a la demanda de ascensos y descensos.

En los casos donde se cuenta con un servicio express, cualquiera de las configuraciones de andenes que se muestran en la Figura 4.28 anteriormente mencionada puede ser utilizada. Esto permite que los trenes circulen sin detenerse por los carriles centrales como se muestra en el caso (d) mientras que en el caso (e) se permite que los servicios locales intercambien usuarios, a la vez se cuentan con vías adicionales para el paso de trenes express.

Al comparar los andenes centrales con los andenes laterales, se presentan las siguientes ventajas (+) y desventajas (-):

- + Presenta un ancho menor el andén central el cual se utiliza normalmente para manejar los movimientos de máxima demanda en una di-

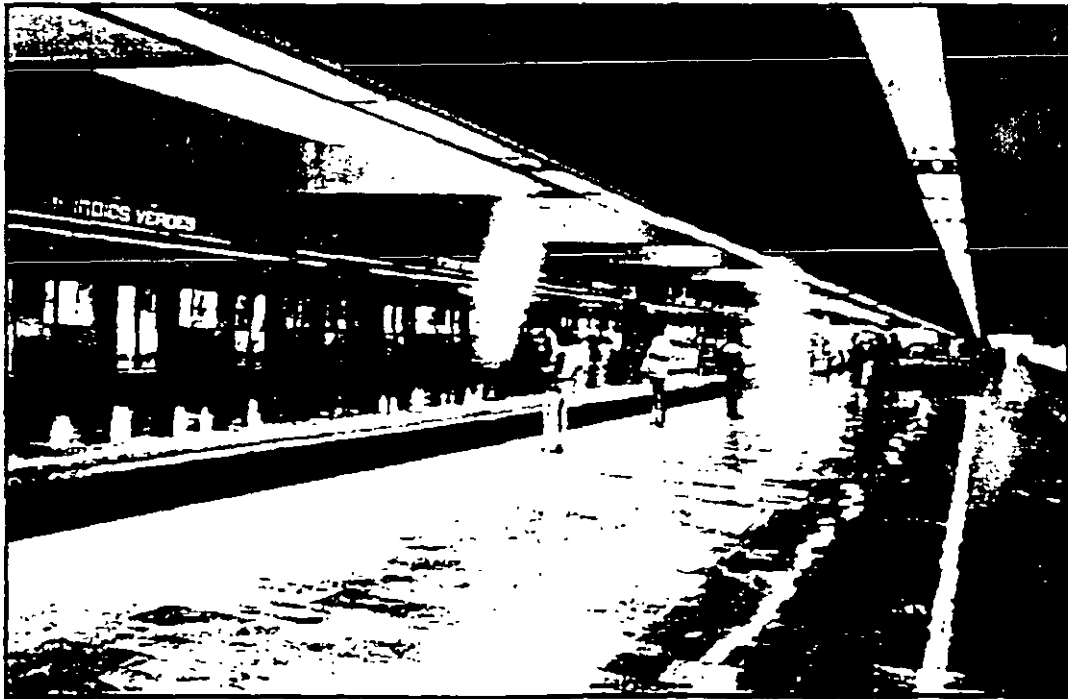


Figura 4.30.
Estación terminal de Indios Verdes, Ciudad de México, N°

rección mas la demanda en contraflujo de la otra dirección. Las plataformas laterales deben diseñarse para las demandas máximas horarias, lo cual es significativo en las estaciones periféricas pero no en las estaciones centrales.

- + Se puede utilizar un solo juego de instalaciones y mobiliario lo cual trae en consecuencia ahorros en la inversión y los costos de operación de las escaleras eléctricas, alumbrado, tableros de información.
- + Se facilita la supervisión de las estaciones, ya sea por un vigilante o un equipo de circuito cerrado.
- + Se le facilita al usuario la corrección de su dirección en caso de error
- Mayores costos de construcción, ya que ambas vías deben presentar curvas dobles en su alineamiento, que requieren de un ensanche del túnel en las aproximaciones a la estación. Las curvas afectan ligeramente la comodidad del viaje pero no la velocidad
- Es mas probable que el usuario se confunda en su dirección de viaje.
- Es imposible separar los flujos direccionales de los usuarios en los casos que esto sea deseable por razones operativas o de recolección de tarifas.

Por otra parte, en aquellas estaciones donde las líneas provienen de una vía troncal y divergen en la misma, la configuración de vías y andenes puede ser cualquiera de las que se presentan en la Figura 4.31. En esta figura se observan dos andenes y tres vías. Puesto que los trenes en la dirección que diverge llegan a intervalos regulares, solamente se requieren dos vías para ellos en casos especiales.

El tipo de andén de transferencia se emplea para dos líneas separadas, la cual cuenta con dos andenes. Si las líneas solamente se tocan en la estación y no se considera un alto índice de transbordos, los usuarios que transbordan pueden utilizar la conexión por arriba o por abajo del nivel del andén. En el caso de líneas que se cruzan, las vías deben ser configuradas de tal forma que los usuarios realicen sus transbordos directamente entre trenes en un mismo andén. Estos ejemplos se ilustran gráficamente en la figura anterior.

El ancho de los andenes estará en función directa de la cantidad de pasajeros que llegan a abordar un tren durante la hora de máxima demanda. Para ello, se recomienda el uso de la siguiente fórmula [11]:

$$A = \frac{N}{L \times d} + \frac{A_e}{L} + (n \times 0.6)$$

donde:

A = ancho del andén [m]

N = ocupación máxima esperada del andén [pasajeros/por llegada de tren]

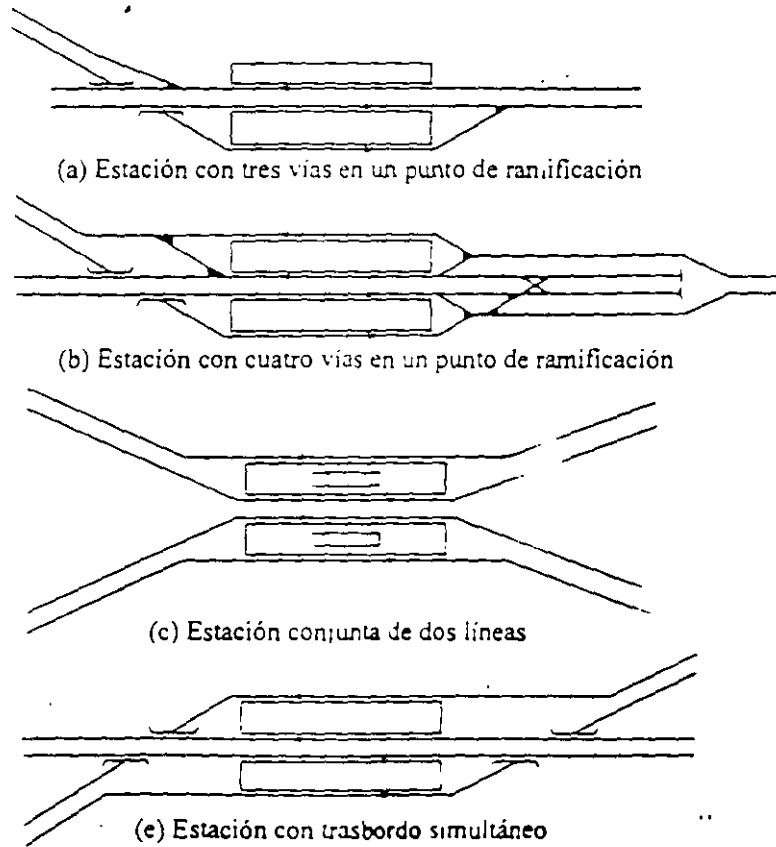
L = longitud utilizable del andén [m]

d = densidad de usuarios esperada [personas/m²]

A_e = suma de las superficies que afectan el ancho efectivo del andén, tales como escaleras, estructuras internas, entre otros [m²]

n = cantidad de bordes con que cuenta el andén (1 ó 2)

0.6 = valor recomendable de ancho de seguridad en los bordes de los andenes [m]



Fuente: Referencia [10, 11].

Figura 4.31.
Configuración de andenes para estación de transbordo.

Es recomendable que los andenes laterales cuenten con un mínimo de 3m, mientras que el ancho para andenes centrales con escaleras localizadas al final del mismo es de 6m. En el caso de que las escaleras se ubiquen dentro del andén, el ancho recomendable debe situarse en los 7m. Asimismo, las porciones finales de los andenes deben presentar un trazo recto o convexo con el fin de facilitar la visibilidad y supervisión del operador de todas las puertas. Por tal motivo, se suelen reducir los anchos de las plataformas centrales en sus extremos, donde normalmente las concentraciones de usuarios son menores.

4.3 Infraestructura vial aplicada al transporte público

La mayor parte de las rutas de autobuses y trolebuses así como un buen número de líneas de tranvías y trenes ligeros operan en las vialidades urbanas sin mas infraestructura que la que proporciona el arroyo de circulación y el señalamiento de paradas así como en algunas ocasiones cobertizos. Sin embargo, en los últimos años se ha iniciado el reconocimiento lento pero creciente de que la calidad del servicio de un sistema de transporte público de superficie depende no solamente del mobiliario urbano sino que también de la infraestructura relativa a la vialidad y, en especial, del nivel de segregación que se tenga de otros tipos de tránsito.

4.3.1 Operación en tránsito mixto

La operación del transporte de superficie en vialidades urbanas no requiere una fuerte inversión, mas que la pavimentación de los accesos a las colonias de reciente creación y que van siendo servidas conforme el transporte público penetra a ellas. Asimismo, su operación permite cualquier enrutamiento y presenta una confiabilidad adecuada cuando los volúmenes vehiculares que circulan sobre la misma vialidad son relativamente bajos.

Puesto que este tipo de transporte público es vulnerable al congestionamiento vehicular y requieren efectuar paradas a lo largo de su trayectoria, su velocidad de operación siempre es menor que la que experimenta el transporte privado en la misma vialidad. Esto es palpable al observar la Figura 4.32, en la cual se deduce que el autobús en tránsito mixto no puede ser competitivo con el automóvil en cuanto a la velocidad de operación y solo podrán atraer una porción substancial de usuarios potenciales solo si se presentan otras

desventajas al uso del automóvil, tales como peajes, tarifas de estacionamiento elevadas o restricciones en su uso (programa Hoy No Circula).

4.3.2 Elementos de un trato preferencial

El principal objetivo que persigue el transporte público urbano es el traslado de pasajeros. Este razonamiento, a pesar de parecer tan obvio, se ha confundido cuando en la práctica nuestras acciones se encaminan a lograr el movimiento del mayor número de vehículos, lo cual constituye un medio para lograr el objetivo pero no el objetivo en sí mismo.

Al transportar a un mayor número de usuarios por unidad y al ocupar un menor espacio, diversos estudios destacan la importancia del autobús dentro de un rango de 5 a 50 veces más importante que el automóvil privado. Este servicio público provee, además, un servicio básico a la población entera, a un menor costo y un menor impacto por pasajero-kilómetro. Por ello, se requieren acciones que tiendan a dar la preferencia al transporte público.



Figura 4.32.
Tránsito mixto (Irapuato, México)

blico. Entre los principales beneficios que se pueden lograr con trato preferencial se tienen:

- incremento en la velocidad de operación
- incremento en su confiabilidad
- mejorar imagen del servicio de autobuses
- reducción de los costos de operación
- mejoramiento de la seguridad

El trato preferencial al autobús es uno de los requisitos indispensables para mejorar la competitividad del autobús en relación al automóvil, aún cuando no debe olvidarse que para lograr una mayor participación del autobús con respecto al transporte privado (ya de por sí alto), el primero debe mejorar considerablemente su nivel de servicio. Al establecer un sistema preferencial para el transporte público, se requiere contar con normas y criterios [10, 13, 14] que permitan definir claramente las cinco características siguientes:

- Tipo de derecho de vía y su separación
- Tipo de vialidad
- Dirección del viaje
- Duración del trato preferencial
- Tipos de vehículos permitidos

Tipo de derecho de vía. Dentro de esta característica se considera el tipo, la forma y el grado de separación con que cuentan los carriles de circulación. Se tienen tres categorías principales que se diferencian principalmente en su grado de separación, siendo éstos:

- Carriles con tránsito mixto (D/V C), los cuales son carriles que se presentan en cualquier vialidad urbana sin ninguna infraestructura especial, como se muestra en la Figura 4.33;
- Carriles preferenciales en el sentido de la circulación y a contraflujo, los cuales por lo general se refieren a carriles laterales asignados para el uso exclusivo del transporte de superficie mediante el señalamiento horizontal en el pavimento y sin segregaciones físicas fijas, tal y como se muestra en la Figura 4.34 y;
- Carriles exclusivos para el transporte de superficie, los cuales son vialidades separadas físicamente de otro tránsito e incluyen el uso de



Figura 4.33.
Transito mixto (Burgos, España)

Figura 4.34.
Carril preferencial a contraflujo (Cd. de México, México)

camellones, vialidades exclusivas y vialidades que usualmente comparten el derecho de vía con el peatón y vialidades segregadas en las que operan sin interferencia alguna a altas velocidades. Un ejemplo es la vialidad exclusiva para autobuses de Essen, Alemania, la cual se muestra en la Figura 4.35.

Tipo de vialidad. Esta característica tiene influencia en el tipo de servicio que se pretende dar a la comunidad. Por ello, se habla de trato preferencial en calles y arterias; en autopistas urbanas y; en un alineamiento independiente.

En nuestro medio, la mayor parte de los tratos preferenciales se refieren a la primera categoría mencionada aun cuando en Guadalajara operó hasta 1989 un alineamiento independiente sobre la Av Federalismo para el uso



Figura 4.35.
Vialidad exclusiva para autobuses (Essen, Alemania) Foto cortesía de Daimler Benz, AG.

exclusivo de trolebuses. En esta fecha el servicio fue substituido por un servicio a base de trenes ligeros. La Figura 4.36 muestra este alineamiento independiente.

Dirección del viaje. Se entiende por esta característica, el tipo de movimiento que se da en la vialidad de acuerdo al derrotero que presenta la ruta. Así se habla de recorridos en un solo sentido; recorridos que cambian según se presenta la hora de máxima demanda (reversible) y; recorridos en ambos sentidos.

Duración del trato preferencial. Esta característica tiene que ver con la permanencia temporal que tiene el trato preferencial, es decir, se tienen tratos preferenciales durante un período de máxima demanda debido a que físicamente es imposible o la magnitud es mucho menor; durante ambos períodos, siendo este caso el mas común y; el trato es permanente, lo que le permite un mayor y mas estable nivel de servicio a todas horas del día.

Tipo de vehículo permitido. Esta característica se refiere al tipo de vehículo que tiene autorización para transitar por los carriles. Así se tiene que se puede autorizar a todo tipo de vehículos su libre tránsito; o bien a autobuses y vehículos con un alto índice de ocupación, o bien; exclusivamente al transporte de superficie.

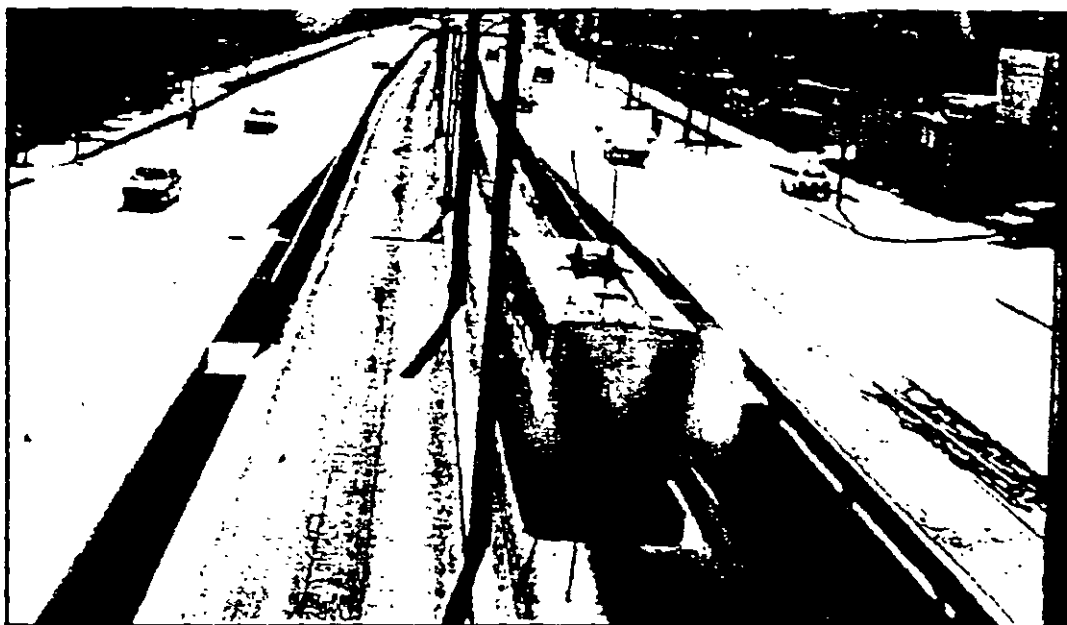


Figura 4.36.
Alineamiento independiente (Guadalajara, México)

En base a estas cinco características se puede analizar las diferentes opciones que se tienen para desarrollar tratamientos preferenciales al transporte de superficie. Se puede hablar de la operación de un autobús regular, en ambos sentidos con trato preferencial; o bien, de un carril preferencial para autobuses que opera únicamente a la hora de máxima demanda.

El Cuadro 4.5 sintetiza la clasificación del trato preferencial en función de las cinco características antes señaladas así como el nivel de trato preferencial logrado. Se observa en él que el impacto del trato preferencial va de menos a más y que se pueden lograr una serie de combinaciones, las cuales van a depender de las limitantes físicas, económicas y operativas del sistema que se pretenda instrumentar.

El tipo de vialidad en donde generalmente operan los autobuses y trolebuses se ubica principalmente a las vialidades urbanas y es aquí en donde se pueden establecer dos tipos de tratamientos preferenciales:

- la utilización de carriles preferenciales o reservados
- tratamientos especiales en las intersecciones (diseño geométrico o una adecuada semafización)

Características Nivel	Tipo de Derecho de Vía y su Separación	Tipo de Vialidad	Dirección del Viaje	Duración	Tipos de Vehículos Permitidos
1	Carriles con tránsito mixto	Vialidad primaria y secundaria	Un solo sentido	Periodo de máxima demanda	Todo tipo de vehículos
2	Carriles preferenciales regulares y en contraflujo	Arterias	Reversibles	Periodos de demanda	Autobuses y vehículos con altas ocupaciones
3	Carriles o vialidades exclusivas	Traza independiente	Ambos	Permanente	Autobuses

Fuente. A partir de la referencia [10].

Cuadro 4.5.
Clasificación de los diferentes niveles de trato preferencial.

4.3.3 Carriles reservados

Este tipo de trato preferencial se aplica en aquellas calles o arterias que presentan por lo menos tres carriles de circulación o estacionamiento por dirección. En los casos donde existe estacionamiento, éste debe prohibirse y complementarse con la señalización y vigilancia que logren el respeto por parte de los usuarios del transporte privado, garantizando así su correcto funcionamiento.

Aun cuando no es fácil cuantificar los razonamientos para la introducción de carriles reservados para el transporte de superficie, ya sean éstos en la dirección del tránsito o a contraflujo, los siguientes criterios [4, 6] pueden utilizarse para evaluar su justificación:

- El criterio más importante es la relación entre el número de usuarios transportados por los autobuses contra los transportados por el automóvil, siendo el más conservador el que un carril para transporte de superficie se justifica si los autobuses transportan tantas personas como los automóviles por carril en los carriles restantes. Esto permite establecer la siguiente fórmula:

$$q_b = \frac{q_a}{n-1} \chi$$

donde:

- q_a = volúmenes de automóviles, incluyendo camiones en función de su equivalente en automóviles
- q_b = volúmenes de autobuses
- χ = la relación entre las ocupaciones promedio del automóvil al autobús
- n = número total de carriles de circulación por sentido

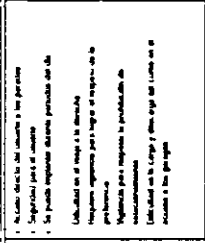
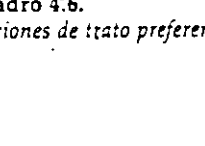
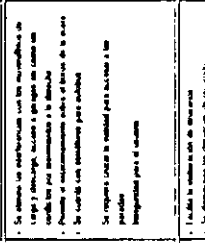
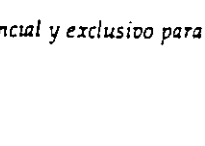
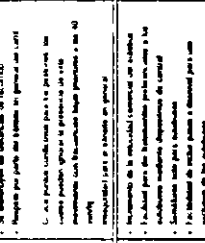
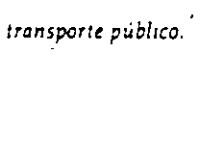
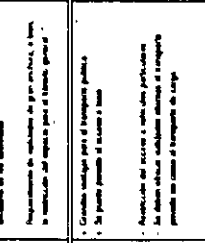

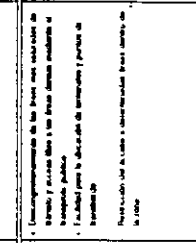

Los valores de la relación de ocupaciones pueden variar entre ciudades y las diferentes horas del día, teniéndose en nuestro medio valores de ocupación para el automóvil entre 1.2 y 1.8 pasajeros por vehículo y ocupaciones promedio en autobuses entre 30 a 70 pasajeros por vehículo a la hora de máxima demanda, con una reducción en estas ocupaciones en las horas de menor demanda. Esto permite considerar que valores de χ entre 0.02 a 0.1 como aceptables en nuestro medio.

- La instrumentación de un carril reservado puede ocasionar el cambio de una forma de transporte a otra de tal forma que un valor menor de q_a y uno mayor de q_b se puede presentar y resultar diferente a la situación actual
- Es deseable favorecer al transporte público sobre el privado ya que es un servicio esencial, mas económico y presenta un menor impacto ambiental
- Permite regular el transporte público

El Cuadro 4.6 es una síntesis de diferentes opciones viales de tránsito que se pueden aplicar en un área urbana. Así se pueden tener carriles reservados para autobuses a la orilla de la acera, a contraflujo o en carriles centrales. Existe también el caso de tener calles o áreas dedicadas exclusivamente al tránsito de autobuses.

4.3.3.1 Carriles exclusivos laterales

El establecimiento de carriles a la orilla de la acera es conveniente ya que ofrece una mayor facilidad para el establecimiento de las paradas así como en su operación (ascensos y descensos) a pesar de que los movimientos son mas lentos debido a la cercanía de la acera, del mobiliario urbano y de los árboles. El funcionamiento adecuado de este tipo de carriles dependerá del respeto que se imparte por parte de las autoridades, tanto de la prohibición del esta-

MÉTODO	CONDICIONES DEL TRÁFICO EN LA VÍA	REQUERIMIENTOS	REQUISITOS DEL TERRENO	REQUISITOS DEL TRÁFICO EN LA VÍA	MÉTODO
<p>Carretera para el tránsito de vehículos pesados y livianos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Un sistema de 20 carriles por hora Un carril para el tránsito de vehículos pesados Un carril para el tránsito de vehículos livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<p>Alcort</p> 
<p>Carretera para el tránsito de vehículos pesados y livianos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Un sistema de 20 carriles por hora Un carril para el tránsito de vehículos pesados Un carril para el tránsito de vehículos livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<p>Alcort</p> 
<p>Carretera para el tránsito de vehículos pesados y livianos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Un sistema de 20 carriles por hora Un carril para el tránsito de vehículos pesados Un carril para el tránsito de vehículos livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<p>Alcort</p> 
<p>Carretera para el tránsito de vehículos pesados y livianos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Un sistema de 20 carriles por hora Un carril para el tránsito de vehículos pesados Un carril para el tránsito de vehículos livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<p>Alcort</p> 
<p>Carretera para el tránsito de vehículos pesados y livianos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Un sistema de 20 carriles por hora Un carril para el tránsito de vehículos pesados Un carril para el tránsito de vehículos livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos Un carril para el tránsito de vehículos pesados y livianos 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<ul style="list-style-type: none"> Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m Un carril de 3.75 a 3.50 m 	<p>Alcort</p> 

Fuente: Mercedes Benz do Brasil. Sistema de Transporte Colectivo Urbano por Ônibus. São Paulo: Mercedes Benz., 1987.

Cuadro 4:6. Opciones de trato preferencial y exclusivo para transporte público.

cionamiento como de su respeto por parte del automovilista. Una frecuencia alta (40 o mas autobuses por hora) garantiza su permanencia así como una adecuada señalización vertical y horizontal.

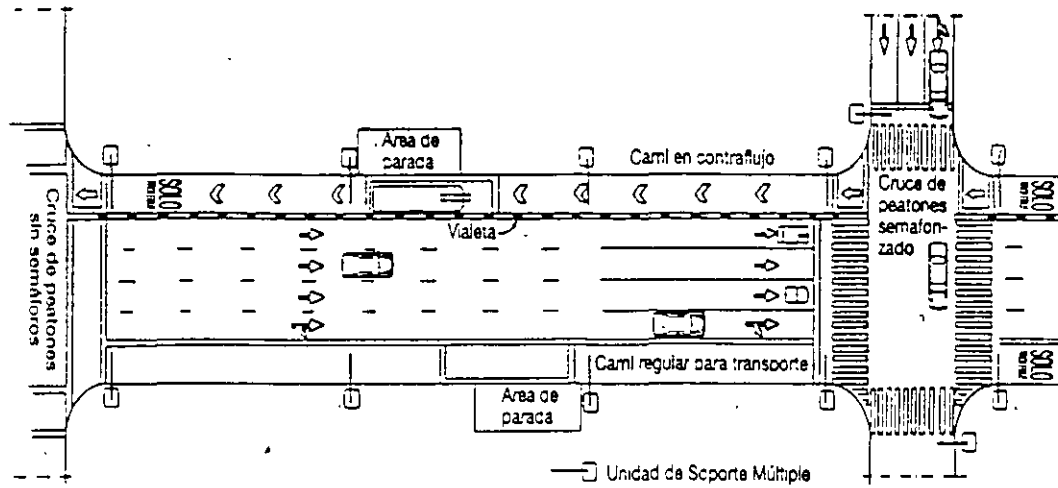
Su aplicación será factible cuando se presenten las siguientes condiciones generales:

- Se cuente con un mínimo de dos carriles adicionales para absorber el tránsito general en la misma dirección.
- Se cumpla con la relación de usuarios transportados por carril anteriormente descrita.
- La frecuencia mínima recomendable para que se justifique un carril lateral es de 30 unidades por hora por dirección. Sin embargo, su observancia se facilita notablemente para frecuencias mayores a las 40 unidades por hora de máxima demanda.
- La capacidad resultante de cancelar un carril debe tenerse presente y se deberá analizar si esta es suficiente en los carriles restantes o en las vialidades paralelas.
- La posibilidad de acceso a garajes así como el abastecimiento a inmuebles colindantes debe ser revisada con cuidado ya que de otra manera los resultados pueden ser contraproducentes.
- Será importante que se considere y analicen detenidamente los aspectos de ubicación del carril. La longitud del carril deberá presentar el carril exclusivo. El ancho mínimo del carril dependerá de los requerimientos necesarios tanto del movimiento urbano como del tránsito, así como el uso del carril.

4.3.3.2 Carriles laterales a contraflujo

Los carriles reservados a contraflujo se localizan a la orilla izquierda de la acera en la dirección normal del viaje. En estos carriles se logra un mayor respeto por parte del automovilista al crear una situación de peligro entre el autobús y el vehículo particular. Es recomendable que sus frecuencias sean mayores a los 60 vehículos por hora para garantizar su permanencia.

Los carriles a contraflujo deben contar con un señalamiento horizontal y vertical específico que informe, tanto al automovilista como al peatón, la modalidad que se está usando y con ello evitar accidentes ya sea mediante medios diamantes o flechas que indiquen el sentido que guarda el carril. La Figura 4.3 muestra el tratamiento que se dio en los carriles preferenciales [15] que conforman parte del sistema de Ejes Viales de la Ciudad de México.



Fuente: Referencia [15].

Figura 4.37.
Tratamiento preferencial en los ejes viales.

Su aplicación será factible cuando se presenten las siguientes condiciones generales:

- Se presenta un fuerte congestionamiento en el corredor donde se pretende implantar el carril a contraflujo
- La introducción de este carril no afecta seriamente la capacidad de la vialidad en la dirección del tránsito general
- Existen cuando menos dos carriles adicionales, preferentemente tres, en la vialidad donde se pretende implantar el carril a contraflujo
- El espaciamiento entre semáforos es mayor a los 150m
- Resulte posible solucionar, reducir o prohibir el acceso y servicio de carga a las propiedades colindantes
- Se cumpla con la relación de usuarios transportados por carril anteriormente descrita
- Se observa una frecuencia mínima de 60 unidades por hora en el sentido del contraflujo durante la HMD
- Será importante que se consideren y analicen detenidamente los aspectos de ubicación del carril; el ancho mínimo del carril; la separación del tránsito general; las vueltas a la izquierda; así como el uso del carril.

4.3.3.3 Carriles exclusivos centrales

Los carriles reservados centrales requieren la eliminación de movimientos direccionales a la izquierda de los autobuses, o bien, tratamientos especiales mediante el uso de un sistema de control a base de semáforos. Estos carriles permiten una velocidad de operación mayor que en los casos anteriores. Sin embargo, se deben proveer de isletas peatonales para aumentar la seguridad y rapidez en los ascensos y descensos así como una mayor seguridad y comodidad a los peatones. También es recomendable el uso de puentes peatonales que comuniquen ambos lados de la arteria y que a su vez tengan conexión con la isleta.

Su aplicación será factible cuando se presenten las siguientes condiciones [6] generales:

- Cuando las necesidades de acceso a las propiedades adyacentes (estacionamiento y carga) descarten la posibilidad de una colocación lateral.
- Cuando se cuente con un camellón central suficientemente amplio que permita alojar uno o dos carriles adicionales sin afectar severamente la imagen urbana.
- Exista una vialidad suficientemente ancha como para reservar dos carriles, sin que ello resulte en detrimento del tránsito general.
- Donde la sección de la vialidad permita incorporar andenes o plataformas para el ascenso y descenso de pasaje. Por ello, las secciones de arroyo mínimas deseables para su aplicación serán de 18 y 22m, según el caso de uno o dos carriles centrales, respectivamente.
- Cuando sea factible prohibir las vueltas a la izquierda que presenten un alto grado de conflicto.
- Se cumpla con la relación de usuarios transportados por carril anteriormente descrita.
- Se registre una frecuencia mínima de 90 unidades por hora por carril durante la HMD.
- Cuando se desee minimizar la invasión del carril por automovilistas así como el estacionamiento ilegal sobre el carril, ya que su ubicación central facilita su confinamiento.
- Ser importante que se consideren y analicen detenidamente los aspectos de ancho de carril; las isletas o refugios peatonales; las vueltas a la derecha e izquierda; el acceso al carril exclusivo así como el uso de...

4.3.3.4 Calles exclusivas

La implantación de calles exclusivas para el paso de autobuses y peatones es recomendable en las zonas congestionadas de algunas ciudades ya que agilizan los movimientos. En estas calles el tránsito se limita al transporte público y peatones, con lo cual se puede lograr un mejoramiento estético del corredor, tal y como se muestra en la Figura 4.38. Esta tendencia facilita el establecimiento de rutas troncales lo cual permite un servicio de transporte directo y rápido de y hacia las áreas de mayor densidad. Si bien la cobertura de la red se reduce, esta acción permite incrementar la velocidad de operación.

Al restringirse el paso del automóvil en estas calles, la conducta del peatón se vuelve más confiada, lo cual trae una menor atención a los movimientos del transporte público por lo que se deben buscar métodos y tratamientos de pavimentos que permitan disminuir este problema. Asimismo, los accesos a las propiedades y el grado de concentración de humos y ruidos en dichas vialidades debe tenerse presente, para lo cual el transporte eléctrico se puede presentar como una opción viable.

Las principales recomendaciones para el uso de calles exclusivas para transporte de superficie son las siguientes:



Figura 4.38.
Calle exclusiva (Mannheim, Alemania).

- Se presentan fuertes volúmenes de transporte de superficie sobre vialidades angostas
- Es factible mantener accesos de servicio a las propiedades adyacentes, ya sea mediante calles paralelas o transversales lo cual se facilita cuando las cuadras son cortas. Una alternativa viable consiste en abastecer a estos establecimientos a través de esta vialidad exclusiva durante las horas inhábiles. Sin embargo, esto incrementa los costos a las empresas repartidoras.
- En el caso de que la vialidad cuente con estacionamientos importantes, la vialidad debe ser cerrada
- La implantación de una vialidad exclusiva se justificará con un volumen intenso de transporte de superficie, recomendándose un mínimo de 60 vehículos por hora y se facilitará su implantación en aquellos corredores de tránsito donde converjan varias rutas sobre la misma vialidad.
- Es indispensable contar con vialidades paralelas capaces de absorber el tránsito desalojado.
- Será importante que se estudien y analicen detenidamente los aspectos de número de carriles, anchura, la amplitud del arroyo y banquetas, así como las obras de infraestructura.

4.3.4 Trato preferencial en intersecciones

En las intersecciones es donde existen los mayores tiempos de demora debido generalmente a los congestiónamientos que se presentan. Por ello, gran parte de las soluciones deben ir dirigidas a buscar fórmulas para acelerar el paso del transporte de superficie en las intersecciones.

Se pueden presentar dos casos de intersecciones, aquéllas donde no existen semáforos y las que lo tienen. En las primeras, la preferencia se logra mediante la utilización de señalamiento restrictivo (señal de alto SR-6), la cual permite la interrupción momentánea del flujo vehicular que no está servido por el transporte público. La Figura 4.39 muestra tal situación. En el caso de que en ambos accesos existan rutas de autobuses, la preferencia se dará de acuerdo a la frecuencia que presente cada ruta.

Cuando se trate de intersecciones controladas por semáforos, la solución más práctica consiste en asignar un mayor tiempo de fase verde a la calle donde transitan los vehículos de transporte público. Naturalmente, esta solución estará en función de las características físicas y operacionales de pre-

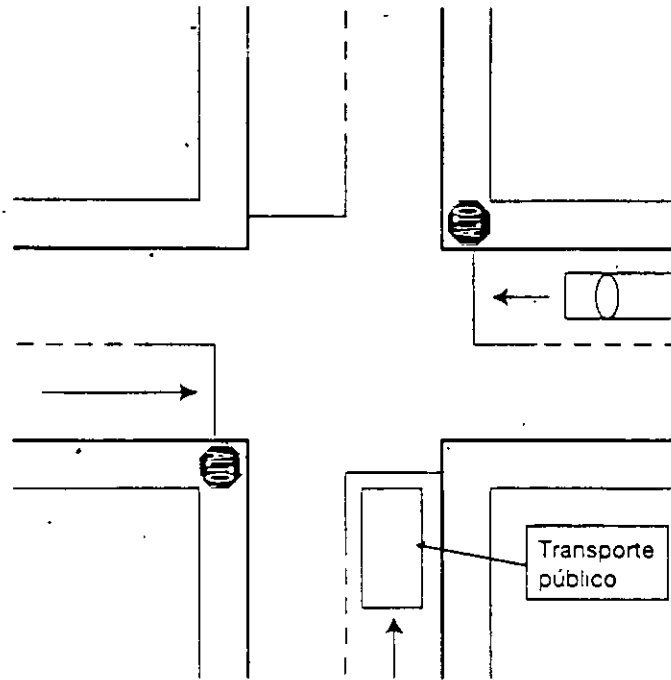


Figura 4.39.
Trato preferencial en una intersección.

sente la intersección (tipo y distribución de movimientos; sección de la vialidad y número de acceso; duración del ciclo, entre otras).

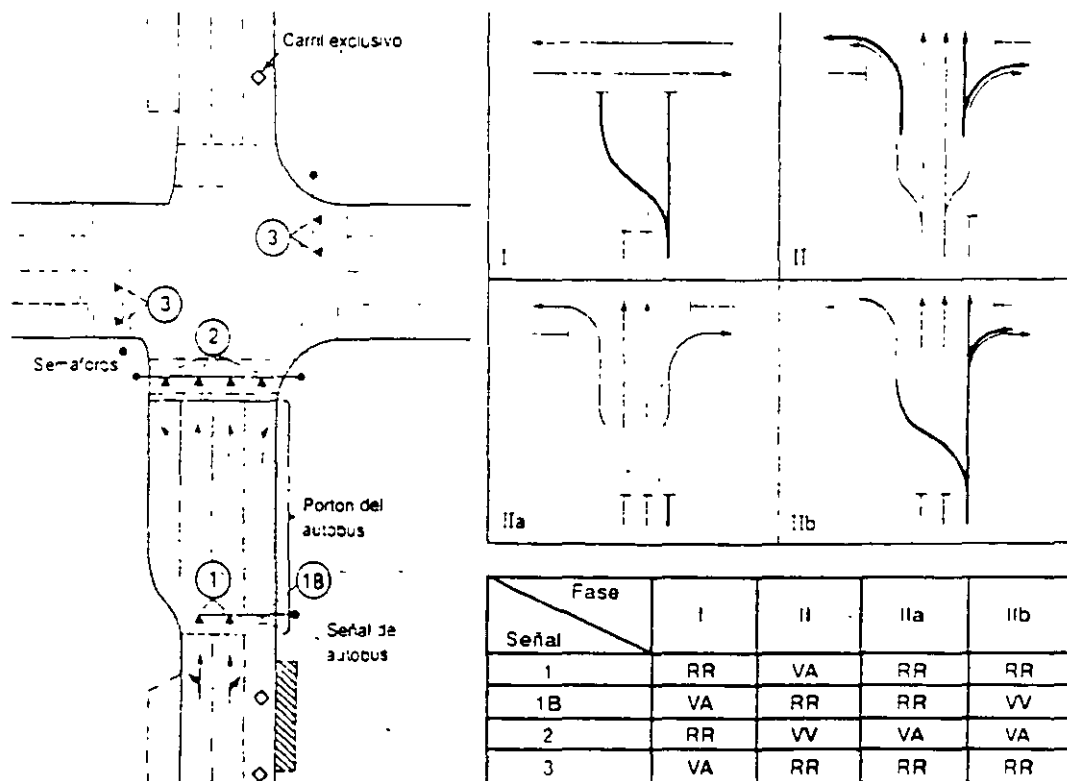
En algunas ciudades europeas se han establecido señales especiales para el transporte de superficie, con lo cual se logra una operación mas eficiente del servicio de transporte. Estas señales son accionadas mediante una señal de radio o a través de un circuito inductivo. En los casos mas simples, se han instalado interruptores, los cuales están al alcance del operador, quien los acciona.

Asimismo, se han buscado soluciones especiales en las intersecciones que cuentan con carriles exclusivos a un lado de la acera y tiene que efectuar movimientos a la izquierda. En estos casos se presentan muchos conflictos con el flujo normal de vehículos. Para solucionar este problema, y como una medida preferencial, se utiliza una disposición especial de los semáforos, bajo el nombre de *portón de autobús*, cuyo esquema se muestra en la Figura 4.40 y su funcionamiento es el siguiente:

- Las pre-señales (1, 1B), localizadas a unos 40 metros antes de los semáforos principales, son los que forman el portón del autobús. Al en-

cenderse unos segundos antes la fase roja de los semáforos (1, 1B) en relación a los semáforos (2), se forma un área vacía entre los dos, antes de la fase roja. El semáforo (1B) del carril exclusivo de autobuses se mantiene en verde permitiendo que los autobuses pasen a ocupar cualquier carril hasta las señales (2).

- El siguiente paso consiste en el cambio de fase del semáforo (1B), el cual cambia a rojo y el semáforo (1) a verde. Pocos segundos después el semáforo (2) cambia a verde. De esta forma, los autobuses son los primeros en cruzar la intersección, permitiendo, a la vez, que todos los vehículos den vuelta sin conflicto alguno. La Figura 4.40 anterior muestra los movimientos direccionales en cada fase así como los ciclos que se presentan.



Fuente: Referencia [10].

Figura 4.40. Portón de autobús.

4.3.5 Convoyes de autobuses

La ventaja principal de utilizar calles o vialidades exclusivas para autobuses o trolebuses es que pueden ser utilizados por varias rutas que converjan en un mismo punto (inicio de la vialidad reservada), lo cual permite acelerar el servicio. Sin embargo, se puede presentar problemas de capacidad en las paradas si no existe un orden en su utilización, lo cual puede reducir sensiblemente las ventajas de una vialidad de esta naturaleza.

Por ello, en algunas ciudades del Brasil [9, 13, 16, 17] se ha buscado la utilización de la vialidad exclusiva junto con una adecuada operación del sistema de autobuses mediante la creación de convoyes de autobuses. La idea básica consiste en aumentar la capacidad de los puntos de paradas evitando el congestionamiento en los carriles exclusivos de autobuses, mismo que se presenta por los movimientos de ascenso y descenso, a un costo de inversión sumamente bajo. Si los autobuses operan como un convoy similar a un tren y los usuarios lo abordan simultáneamente, la capacidad de la parada se incrementará substancialmente.

Si se considera que un convoy de n autobuses requiere de un tiempo fijo t_d para llegar y salir de la parada, mas un tiempo variable t_c por autobús para que el convoy se mueva a través del área de parada, mas un tiempo t_a adicional por pasajero que aborda el autobús en el punto de abordaje de mayor demanda, se tiene que:

$$T_c = t_d + (t_c \times n) + t_a(P_{\max})$$

donde:

- T_c = tiempo total que el convoy está en la parada [s]
- t_d = tiempo de despeje de una unidad [s]; valor recomendado 8 s y que consiste en el tiempo que tarda en llegar y salir de la parada
- t_c = tiempo de colocación de una unidad [s]; valor recomendado 4 s y que consiste en el tiempo en que ubica su lugar de parada
- t_a = tiempo de abordaje [s]; valor recomendado 2 s y que consiste en el tiempo que tarda el usuario en subir al vehículo
- n = número de autobuses que forman el convoy
- P_{\max} = número máximo de usuarios que abordan un autobús dado

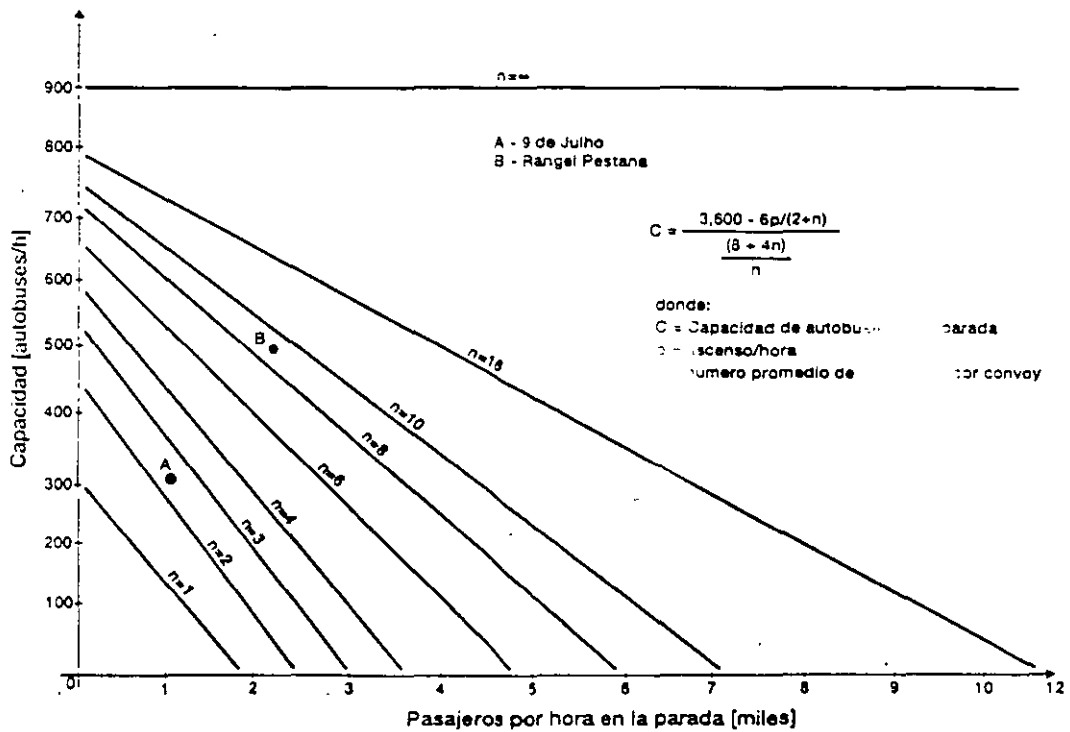
La capacidad de una parada en la que las llegadas y salidas son simultáneas así como el abordaje se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{[3600 - (t_a \times p)]n}{[t_d + (t_c \times n)]}$$

donde:

- C = capacidad de la parada [veh/h]
- p = pasajeros que abordan, por hora [pas/h]
- t_a = tiempo promedio de abordaje, por usuario [s]
- t_d = tiempo de despeje [s]
- t_c = tiempo de colocación [s]
- n = número promedio de autobuses que forman el convoy [veh]

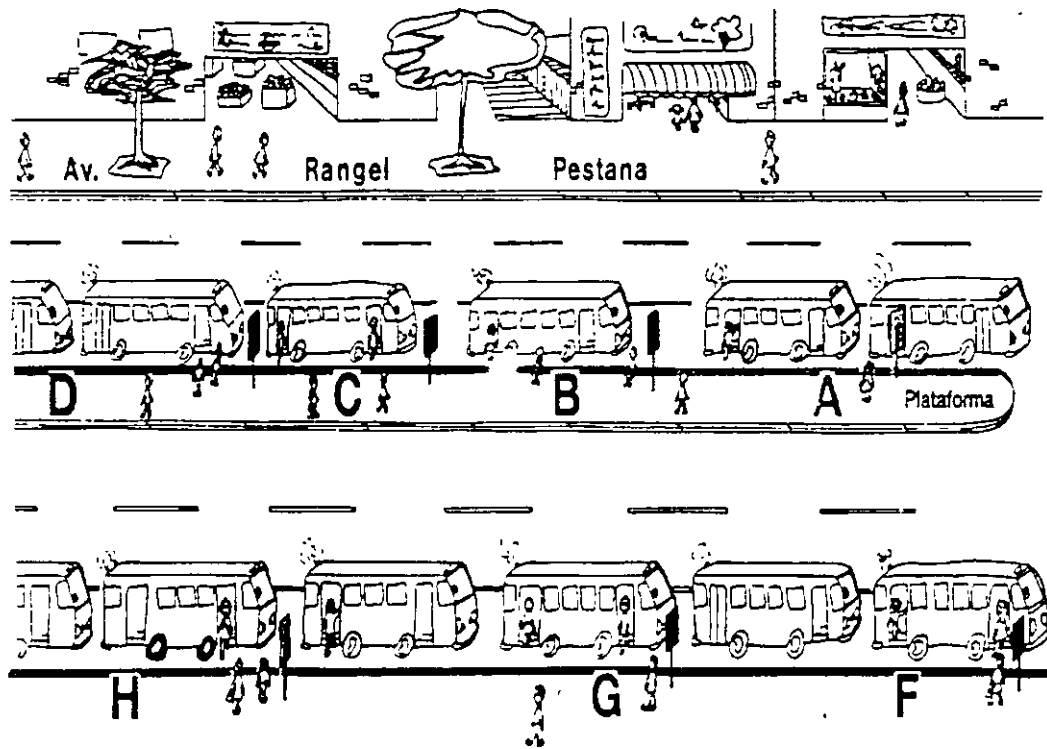
La ventaja principal resulta en un aumento de la capacidad de parada al operarse en convoyes tal y como se muestra en la Figura 4.41. El proceso con-



Fuente: Referencia [16,17].

Figura 4.41. Capacidad de parada con una operación en convoy

siste en agrupar los autobuses, según sus puntos de destino, al inicio de la vialidad preferencial para que formen un tren. Esto obliga a que el convoy o tren pare siempre en el mismo orden y reduzca los tiempos de parada al evitar que el usuario *búsque* el autobús que debe abordar. Para ello, se deben establecer las ubicaciones exactas de paradas de cada vehículo, proporcionar información al usuario mediante el establecimiento de señalización horizontal y vertical así como la capacitación a los operadores de las unidades [17], aspectos que se muestran esquemáticamente en la Figura 4.42. Este sistema a traído como principal beneficio, el incremento de la capacidad en dicha vía y ahorros considerables de tiempo para el usuario. El Cuadro 4.7 muestra algunos de los resultados prácticos obtenidos en la ciudad de Sao Paulo en dos de sus avenidas principales.



Fuente: Pedro Szasz. *Comonor II Cordinated Bus Convoys at Rangel Pestana y Celso García Ave. São Paulo: CET, 1979.*

Figura 4.42.
Esquema de formación de convoyes.

RESULTADOS	VIALIDAD 9 DE JULIO, SAN AMARO	VIALIDAD RANGEL PESTANA/ CELSO GARCIA
Volumen promedio de autobuses por hora	300	500
Pasajeros transportados por hora	12,000	30,000
Número de accidentes en el punto crítico ante la HMD	1,200	2,400
Incrémento - velocidad	85%	60%

Fuente: CET. UNOR-Coordinated Bus Convoy-Boletín Técnico número 9 y 22. São Paulo: CET, 1978 y 1979.

Cuadro 4.7.
Principales resultados del sistema de convoyes en dos vialidades de Sao Paulo.

4.4 Infraestructura para el mantenimiento

Un módulo, garaje, encierro o depósito se compone básicamente de dos áreas principales, las cuales son:

- el área de estacionamiento de las unidades
- el área de talleres

A su vez, cada garaje puede contar o no con áreas dedicadas a oficinas, almacenes y a actividades relacionadas con la operación del sistema así como a la recreación de los trabajadores que allí laboran. Estas áreas se encuentran estrechamente relacionadas entre sí, lo cual es fundamental comprender el esquema de funcionamiento de un garaje, esquema que se presenta sintéticamente en la Figura 4-43.

El proceso ideal [18] se inicia al llegar el autobús al garaje y pasar por la caseta de control ubicada en el acceso a la propiedad. De este punto, el operador de la unidad se dirige a la recepción de unidades en caso de presentar fallas mecánicas. En caso de requerir el mantenimiento preventivo preprogramado, se registra para ello y finalmente, en caso de entrega de la unidad, pasa ésta a efectuar el abastecimiento de combustible, a su lavado y limpieza y posteriormente al área de encierro en el estacionamiento.

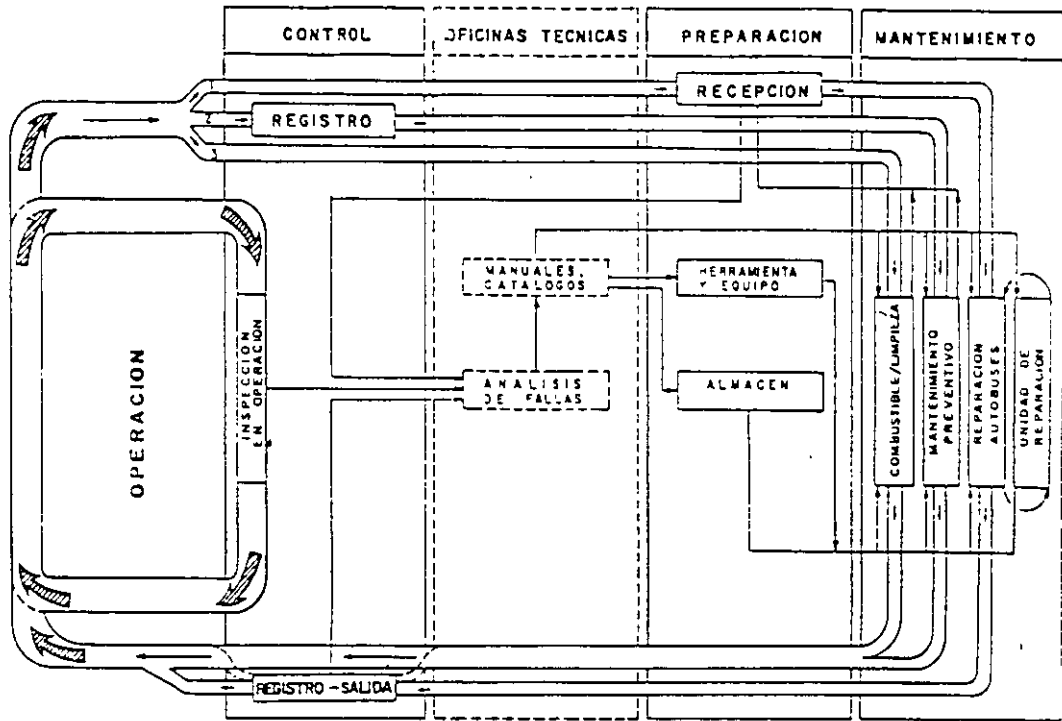


Figura 4.43.
Diagrama de funcionamiento de un módulo o depósito.

A partir del momento en que entra el autobús a las instalaciones, el vehículo pasa a ser operado por un acomodador, el cual se encarga de llevar al autobús a la actividad de mantenimiento correctivo; mantenimiento preventivo, al servicio y al estacionamiento de la unidad. El operador, a su vez, se dirige a las oficinas recaudadoras a liquidar la cuenta.

En el caso de llevar el vehículo a la zona de servicio, se procede a cargar el tanque de combustible y se revisan los niveles de aceite, agua y aire y se efectúa una revisión visual para detectar defectos o golpes aparentes. El acomodador lleva el vehículo a la zona de limpieza, tanto interior como exterior. Finalmente, lleva la unidad al lugar asignado en el patio de estacionamiento.

Al inicio de las actividades del día siguiente, el operador se dirige al sitio previamente designado para calentar el motor del autobús. Al salir, registrará su salida en la caseta antes de iniciar los recorridos que tiene asignados.

En el caso de que la unidad presente fallas, se diagnosticará la falla al momento de pasar a recepción, donde se programarán las herramientas, el equipo y las refacciones necesarias para su corrección. A su vez, cada unidad presenta un programa de mantenimiento preestablecido, al cual deberá sujetarse lo mas posible. Al final de cualquiera de estas dos actividades, la unidad regresará al área de diagnóstico para certificar una reparación adecuada.

Todas las funciones anteriores están regidas por un conjunto administrativo, el cual alberga la gerencia, las oficinas de recaudación y de control, y en algunos casos, dormitorios, comedores y otros servicios para los operadores. La Figura 4.44 ilustra un depósito para un sistema férreo ligero que las Figuras 4.45 y 4.46 muestran dos ejemplos de garajes para autobuses.

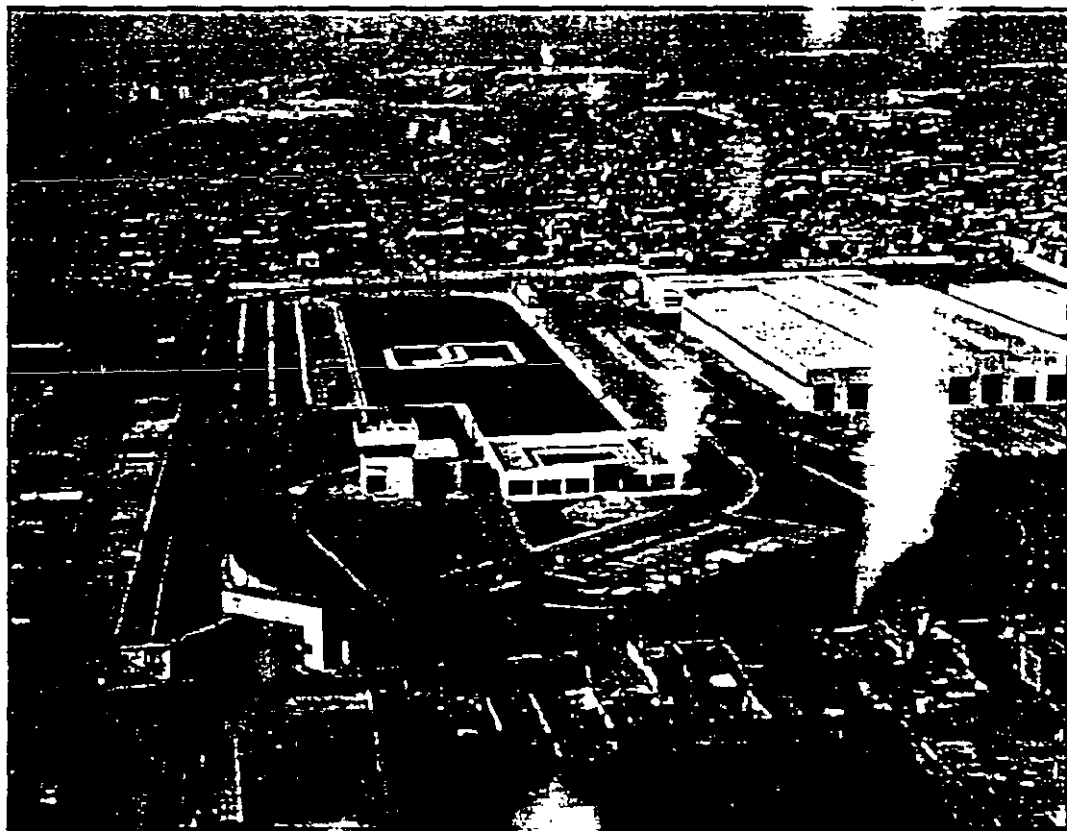


Figura 4.44.
Depósito de tren ligero (Guadalajara, México)

180

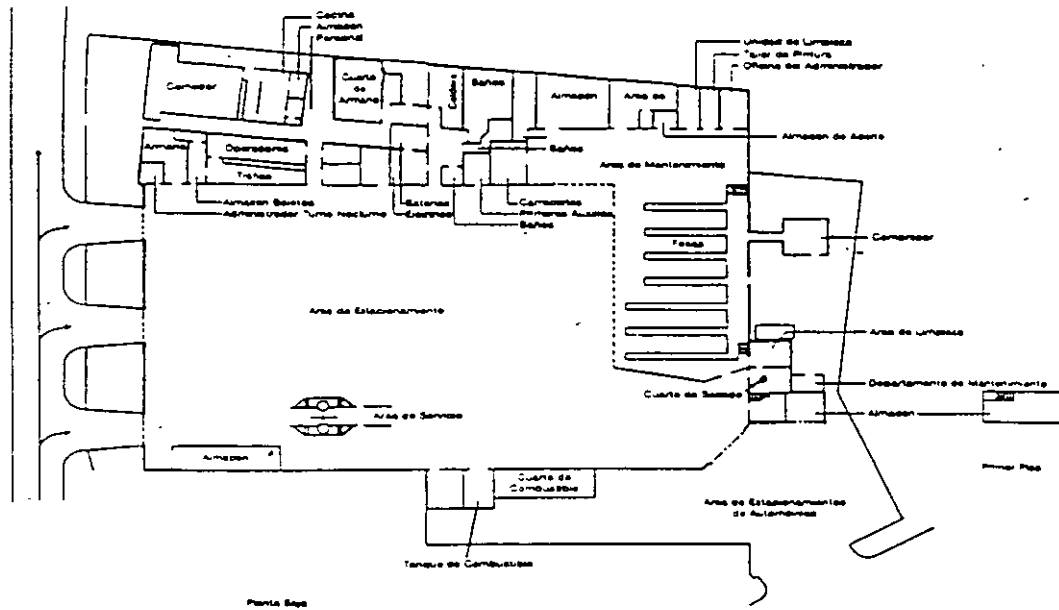


Figura 4.45.
Planta de conjunto de un garage (Muswell Hill, Londres).

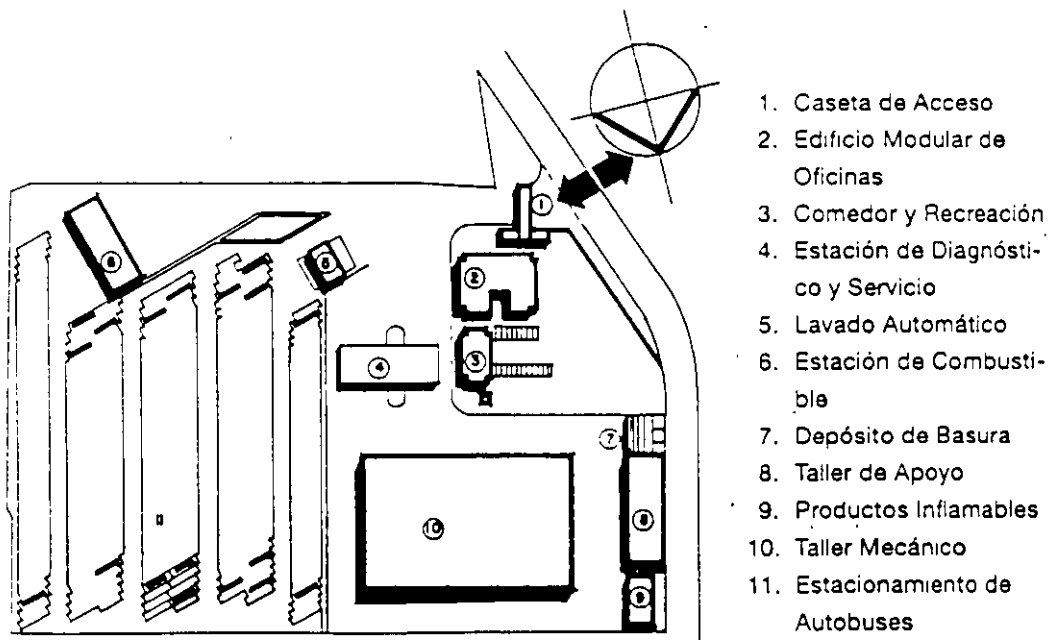


Figura 4.46.
Planta del garage o módulo de El Rosario (Ciudad de México, México).

4.4.1 Parámetros de dimensionamiento

El correcto funcionamiento del garaje dependerá, en parte, de un adecuado dimensionamiento de cada una de las áreas que lo conforman, las cuales se diseñarán en base a los parámetros dimensionales del tipo de unidades con que opera la empresa. Estos parámetros fueron tratados en su oportunidad dentro del Capítulo 3 y el Cuadro 4.8 sintetiza los que se presentan en cuatro tipos de unidades.

Existen dos parámetros críticos en los giros del autobús, los cuales son el punto frontal exterior al sentido del giro y el punto ubicado al centro del eje trasero, en su porción interior, mismos que deben cuidarse en el diseño del garaje.

PARAMETRO	UNIDAD DE DOS EJES				UNIDAD ARTICULADA DAIMLER BENZ O 305G
	MASA 502 M	METROBUS	DELFIN	TROLEBUS MASA S500	
Longitud total (mm)	11,245	10,740	11,140	11,063	17,260
Ancho total (mm)	2,520	2,510	2,510	2,520	2,500
Altura total (mm)	2,966	3,150	3,150	2,972	2,941
Distancia entre ejes (mm)	5,717	5,766	5,766	5,740	D-C=5,800; C-T= 6,150
Volado delantero (mm)	2,123	2,032	2,150	2,123	2,450
Volado trasero (mm)	3,305	2,942	3,224	3,150	3,060
Entrevia delantera (mm)	2,030	ND	ND	2,030	2,087
Entrevia trasera (mm)	1,946	ND	ND	1,946	1,800
Claro mínimo al suelo (mm)	200	250	250	200	ND
Radio de giro externo (mm)	10,500	ND	ND	13,600	10,500
Peso bruto vehicular (kg)	15,455	15,000	15,422	16,350	26,000
Peso en eje delantero (kg)	5,087	4,400	544	5,454	6,000
Peso en eje central (kg)	-	-	-	-	10,000
Peso en eje trasero (kg)	10,208	10,600	9,979	11,363	10,000
Tara (kg)	9,144	9,840	9,850	10,500	ND

ND = no disponible D-C = eje delantero a central

Fuente: MASA, Autorización de Especificaciones. Ingeniería del Producto Masa/R: 1985. Folletos con especificaciones del Delfín, Trolebús S500 y O 305G.

Cuadro 4.8. Parámetros dimensionales de autobuses y trolebuses.

4.4.2 Areas de un garaje

Normalmente, el programa arquitectónico de un garaje [19] está constituido por los siguientes elementos:

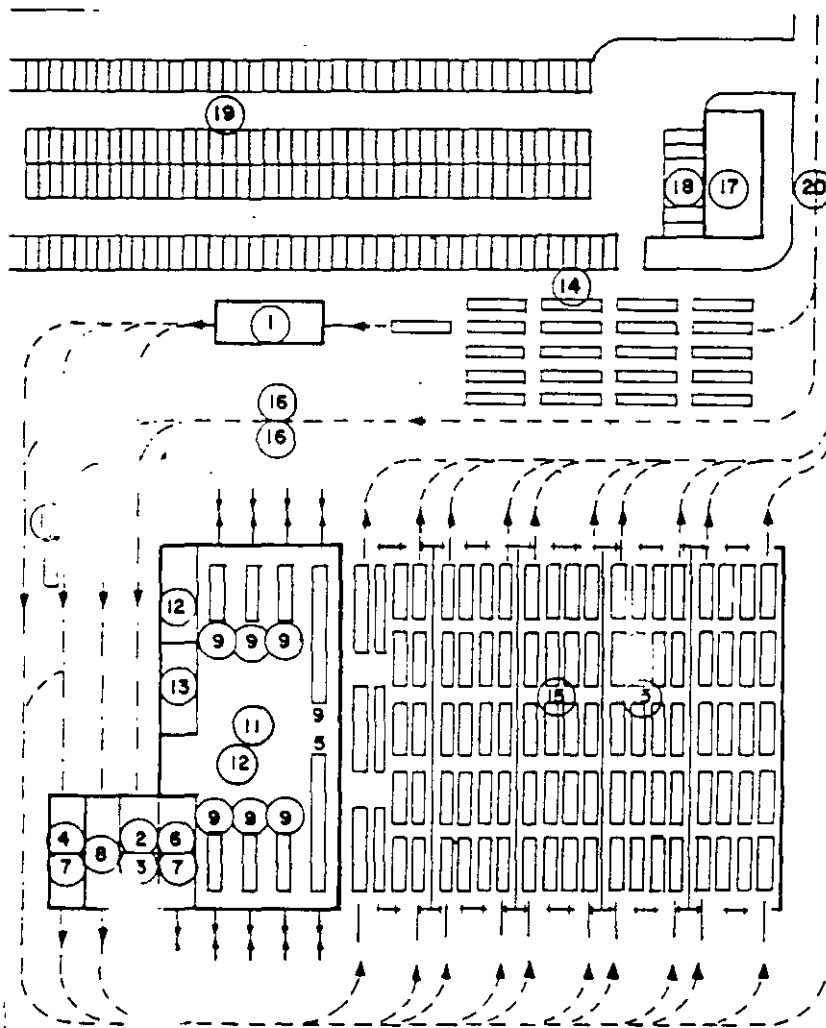
- Areas funcionales
 - oficinas
 - operativa
 - recreativa
 - de servicio
 - reparaciones
 - diagnóstico e inspección
 - reparación de componentes
 - talleres de apoyo
 - almacén
 - estacionamiento
 - autobuses
 - automóviles
 - patio de maniobras
 - área exterior
- Circulaciones
 - autobús
 - peatón
 - vehículos privados

El número y capacidad de un garaje está determinado en función de seis aspectos principales [6, 20], los cuales son:

- longitud de la red
- tamaño del parque vehicular
- métodos de mantenimiento de los vehículos
- terreno disponible
- capacidad para la administración del garaje
- factores locales

La capacidad de un garaje o estación de mantenimiento que se considera adecuada en nuestro medio es de 150 a 250 autobuses. Por mucho, el área que requiere un mayor espacio es la referente al estacionamiento. La Figura 4.47

123



- | | |
|--|--|
| 1. Lavado Exterior | 11. Área de Trabajo |
| 2. Mantenimiento Exterior del Vehículo | 12. Área de Trabajo Adyacente |
| 3. Limpieza Interior | 13. Área de Recreación para Trabajadores |
| 4. Lavado Chasis | 14. Patio de Maniobras |
| 5. Inspección | 15. Área de Estacionamiento |
| 6. Hojalatería | 16. Área de Paradas |
| 7. Pintura | 17. Oficinas |
| 8. Pruebas de Frenos (Dinamómetro) | 18. Estacionamiento para Supervisores |
| 9. Reparaciones y Mantenimiento | 19. Estacionamiento para Automóviles |
| 10. Gasolinera | 20. Entrada y Salida |

Fuente: Michael Krüger. *Das Bussystem Planung, Aufbau, Betrieb*. MAN, 1978.

Figura 4.47.
Taller ideal.

muestra un taller ideal para un parque vehicular de 250 unidades en una superficie de 20,000m². A continuación se resaltarán las principales áreas que componen un garaje y que permiten contar con valores estimativos para el medio mexicano de las diferentes áreas que componen a un garaje.

4.4.2.1 **Area de estacionamiento**

El área de estacionamiento o espacio para el almacenamiento nocturno de autobuses es el concepto que presenta mayores requerimientos de espacio en un garaje, encierro o módulo. Estos requerimientos varían conforme la configuración del estacionamiento que se utilice así como del criterio que se siga para la asignación de espacios. Generalmente, no se utilizan garajes cuya función sea exclusivamente el encierro de unidades ya que dificulta la prestación de una administración eficiente así como los movimientos del personal, del control y de la seguridad.

Dentro de las empresas de transporte público, se utilizan seis configuraciones básicas de estacionamiento [6, 21, 22], mismas que se describen en la Figura 4.48. En ella, se muestran las principales características de cada configuración, las cuales deben ser analizadas conjuntamente con la manera en que se desea operar, del área disponible o prevista para estacionamiento y la forma del predio de que se disponga. La Figura 4.49 muestra las diferentes configuraciones y el dimensionamiento típico de los cajones y áreas recomendadas [23].

Estacionamiento en cordón. En este caso, los autobuses se estacionan uno tras otro, en filas. Normalmente, no se establecen áreas de circulación, las cuales en la práctica son necesarias. Esta configuración ocupa el menor espacio (50m² por autobús) y es utilizado comúnmente en casos donde las unidades son guardadas bajo techo o en el caso de trolebuses. El primer autobús que se estaciona ocupa el frente de la línea y será, a su vez, el primer autobús asignado al servicio. Es recomendable proveer por lo menos tres filas extras: una fila para cubrir el ciclo de servicio y las dos restantes para las unidades que se encuentran en mal estado, permitiendo con ello minimizar los conflictos en los movimientos de las unidades.

Estacionamiento en batería (90°). Esta configuración presenta la mayor flexibilidad pero requiere de un espacio mayor. En su diseño, se deben considerar circulaciones anchas que permitan negociar el radio de giro de la

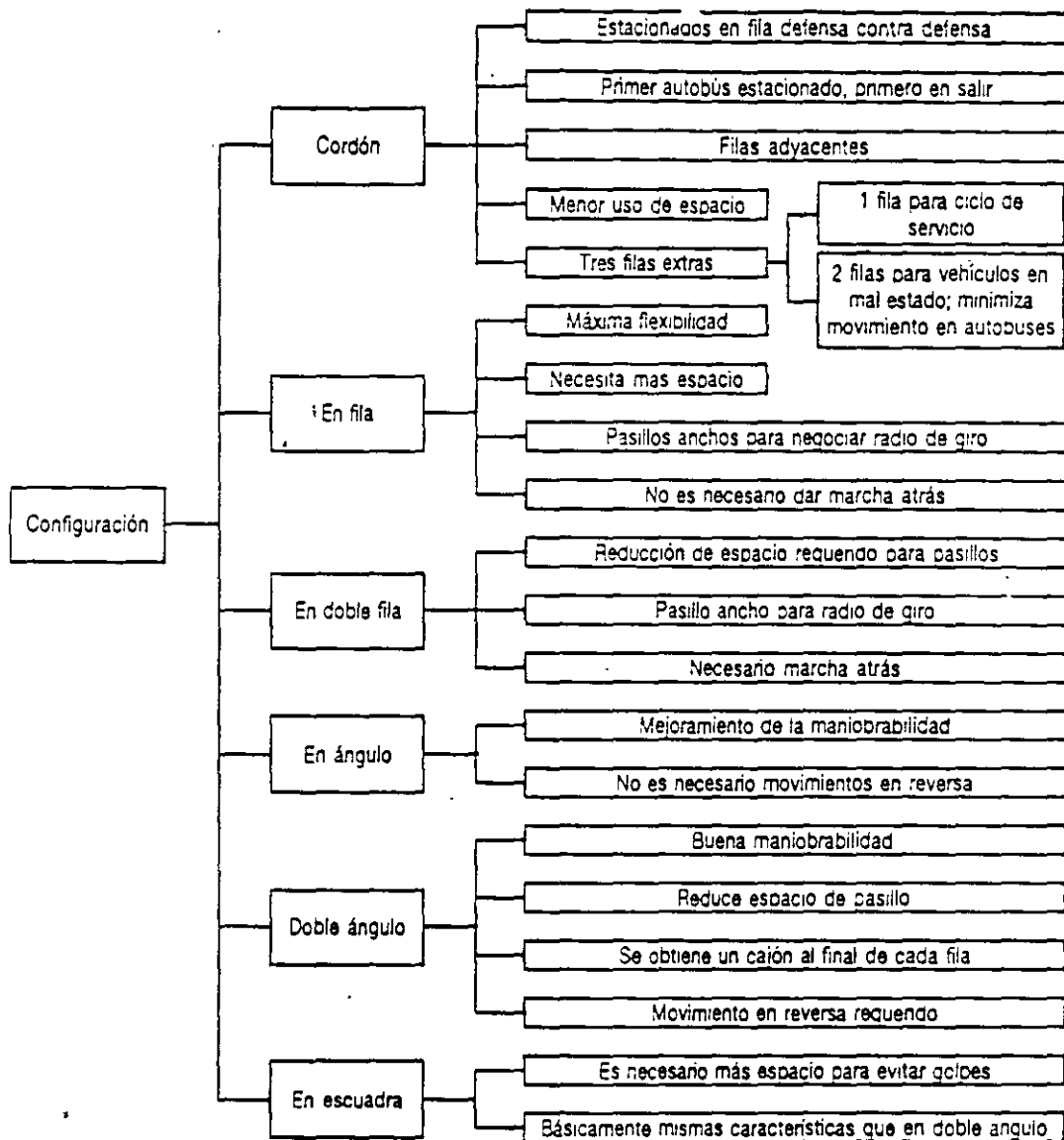


Figura 4.48. Configuraciones del área de estacionamiento.

vialidad de circulación a la posición de estacionamiento. En este caso, las unidades pueden ser retiradas o estacionadas sin problema alguno ya que no se requiere dar marcha atrás a menos de que exista una barda u obstáculo al otro extremo.

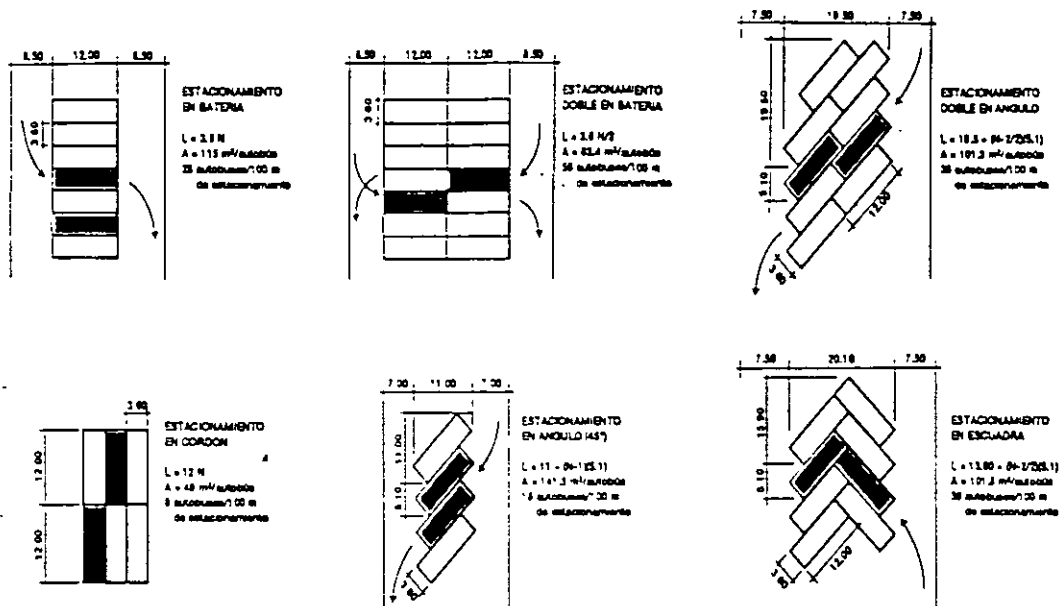


Figura 4.49. Dimensionamiento típico de cajones de estacionamiento para autobuses.







Estacionamiento en doble batería. Esta configuración reduce el espacio requerido ya que disminuye el requerimiento de un mayor número de vialidades de circulación al colocarse dos unidades, frente a frente, en cada fila. Las circulaciones deben ser amplias para permitir un giro adecuado de la unidad.

Estacionamiento en ángulo. Normalmente, se consideran filas con anchos de 11m y las unidades se estacionan a 45° del eje de la circulación, lo que permite una mayor maniobrabilidad. Esta configuración no requiere que la unidad de marcha hacia atrás ya que pueden entrar y salir con facilidad de los cajones de estacionamiento. Es factible utilizar otros ángulos (60°, por ejemplo) o un ángulo distinto según las condiciones del área asignada.

Estacionamiento en doble ángulo. Esta configuración ofrece una buena maniobrabilidad ya que el estacionamiento a 45° reduce los requerimientos totales de espacio de circulación, si se le compara con el estacionamiento en una sola fila y en ángulo. A su vez, permite obtener una posición adicional a cada extremo de la fila, pero, sin embargo, puede ser necesaria la marcha hacia atrás para lograr una mayor flexibilidad.

Estacionamiento en escuadra. Este ordenamiento a 45° presenta básicamente las mismas características que el estacionamiento en doble ángulo. Sin embargo, se tiene precaución al estacionar los vehículos ya que no se colocan defensa contra defensa, lo que obliga a contar con cajones mas largos ($\pm 40\text{cm}$) con el fin de evitar posibles daños a las carrocerías. Asimismo, pueden requerirse las maniobras en reversa.

Con el objeto de contar con un esquema de comparación entre las configuraciones presentadas [22], se presenta el Cuadro 4.9, el cual muestra el área requerida para un garaje o encierro de 250 autobuses. Esta comparación

CONFIGURACION ESPECIFICACION	CORDON	BATERIA	DOBLE BATERIA	45°	DOBLE BATERIA 45°		DOBLE BATERIA 45° EN ESCUADRA	
					AREA LARGA Y ANGOSTA	AREA RECTANGULAR	CIRCULACION ANCHA	CIRCULACION ANGOSTA
Autobuses por fila	12	50	84	42	84	64	84	84
Número de filas	24	5	3	6	3	4	3	3
Longitud de fila (m)	144	180	151.2	220.1	228.6	177.6	223	223
Ancho de fila (m)	3.60	12	24	11	19.5	19.5	20.1	20.1
Número de circulaciones	—	6	4	7	4	5	4	4
Ancho de circulaciones (m)	—	16.75	16.75	13.70	13.70	13.70	13.70	6.10
Ancho total (m)	86	160	139	162	113	146	115	85
Area (m ²)	12,442	28,890	21,017	35,656	25,900	25,930	25,645	18,955
Capacidad de autobuses	252	250	252	252	252	256	252	252
Superficie por autobús (m ²)	49.4	115.8	82.4	141.5	102.8	101.3	101.8	75.2
Flexibilidad	Mala	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Buena	Buena	Regular/Mala
Maniobrabilidad	Buena	Regular	Regular	Buena	Buena	Buena	Regular	Regular
Esquema								

En base al autobús MASA 502, R-100, 1985

Cuadro 4.9. Comparación entre distintas configuraciones de estacionamiento para 250 autobuses.

considera pasillos o áreas de circulación a ambos lados de cada fila, con excepción del estacionamiento en cordón en el cual se consideraron tres filas adicionales, conforme la descripción anterior. Asimismo, se utilizó como vehículo de diseño el autobús MASA 502M, utilizado en la empresa de transportes de la Ciudad de México.

Se observa del cuadro anterior que la superficie mínima requerida de estacionamiento por autobús se presenta con la configuración en cordón (49m^2), mientras que la máxima se tiene para el estacionamiento a 45° , con una superficie de 142m^2 por autobús. Por otra parte, la flexibilidad –entendida como la posibilidad de mover libremente la unidad de su cajón en cualquier momento del día– es excelente para la configuración a 45° y en batería, mientras que en cordón ofrece la menor flexibilidad. A su vez, la maniobrabilidad –facilidad en los movimientos para entrar y salir del cajón de estacionamiento– es buena en los casos donde no se presenta un estacionamiento en ángulo recto.

Las superficies mínimas utilizadas por un autobús vienen dadas por la siguiente expresión:

$$S = (L + E) \times (A + P) \times (1 + C)$$

donde:

- S = superficie utilizada por autobús
- L = longitud de la unidad, defensa a defensa
- E = espacio de seguridad frontal
- A = ancho máximo permisible
- P = ancho mínimo del pasillo lateral
- C = porcentaje considerado para circulación (en decimal)

En la práctica, las dimensiones anteriores deberán considerar áreas para ofrecer movimientos terminales o circulaciones que permitan movilizar adecuadamente la unidad dentro del área de estacionamiento. La Figura 4.50 ilustra los rangos aceptables que se pueden utilizar en el caso de diseño para el área de estacionamiento para las condiciones mexicanas y basados en las condiciones existentes en los garajes de la Ciudad de México.

La forma del predio, su tamaño y los requerimientos de capacidad pueden dictar variaciones en las configuraciones. Así por ejemplo, el estacionamiento en ángulo, puede presentar variaciones a 30° , 45° o 60° , o bien, los límites de los predios pueden ser utilizados por una fila de unidades, ya

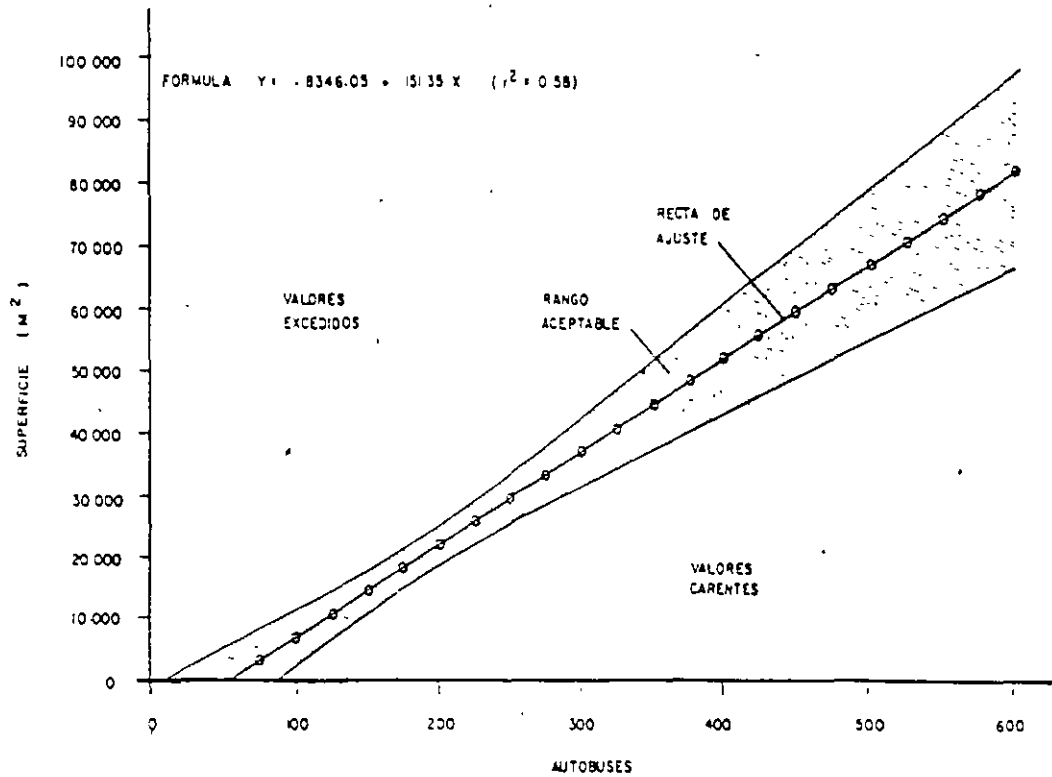


Figura 4.50.
Rangos aceptables del área de estacionamiento

sea en forma paralela al límite o con el frente hacia el perímetro de la propiedad.

Existen a su vez, ciertos aspectos de la operación que deben considerarse ya que se efectúan movimientos nocturnos dentro del estacionamiento. Tal es el caso de las unidades ubicadas al frente de las líneas de cordón, las cuales deben operar satisfactoriamente para que cumplan con las primeras asignaciones de salida al servicio. Esto implica que una falta de flexibilidad en la secuencia de salida puede limitar la selección de autobuses a las rutas.

4.4.2.2 Area de mantenimiento

Dentro del área de mantenimiento se consideran por lo general dos áreas: el área de servicio y los talleres propiamente dichos.

Área de servicio. En su diseño se presentan dos criterios principales: los niveles laborales esperados (productividad) y la frecuencia de uso del área, la cual irá en función de los intervalos de mantenimiento esperados. La determinación del área requerida o de los cajones de servicio necesarios puede lograrse siguiendo el proceso sugerido en la Figura 4.51. Es recomendable que se analicen detalladamente las funciones que se efectuarán en cada cajón, con el fin de adecuar cada una de acuerdo con los usos que se presenten. La Figura 4.52 muestra las recomendaciones en cuanto al número de cajones necesarios.

La configuración del área de servicio depende del equipo necesario, de la infraestructura con que se cuenta y del tipo de carriles que se pueden instalar. Su localización está relacionada con las edificaciones que se encuentran dentro y fuera del predio; de los patrones de circulación de las unidades; de los reglamentos del *Departamento de Bomberos* y de las especificaciones para el proyecto de estaciones de servicio de *Petróleos Mexicanos* [24]. La

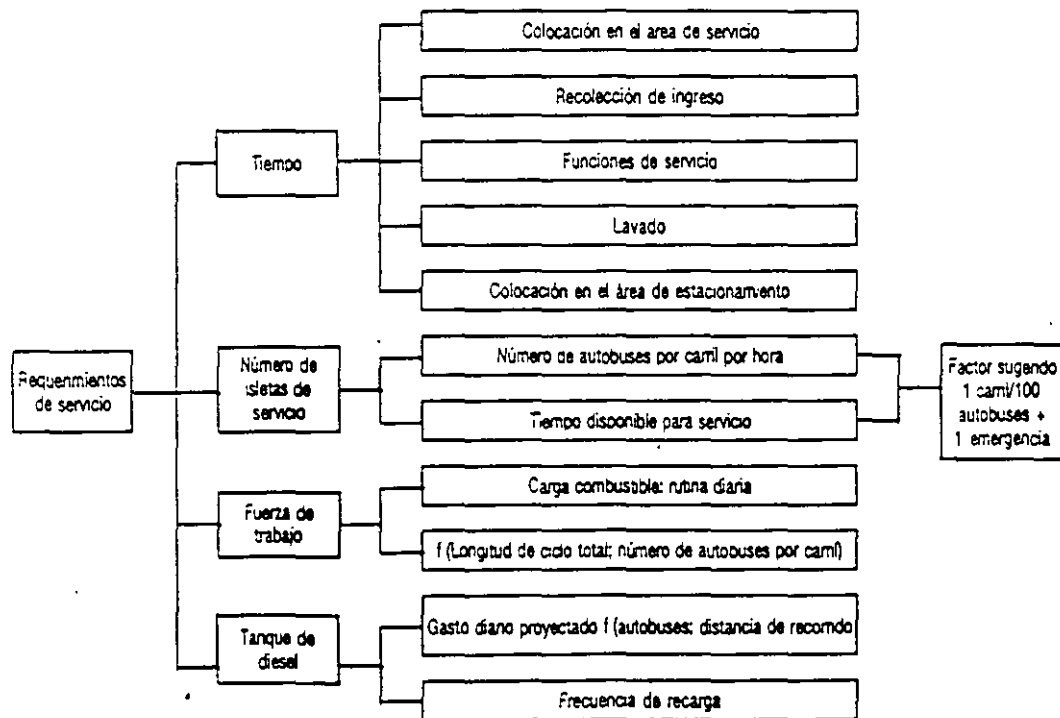


Figura 4.51. Requerimientos del área de servicio.

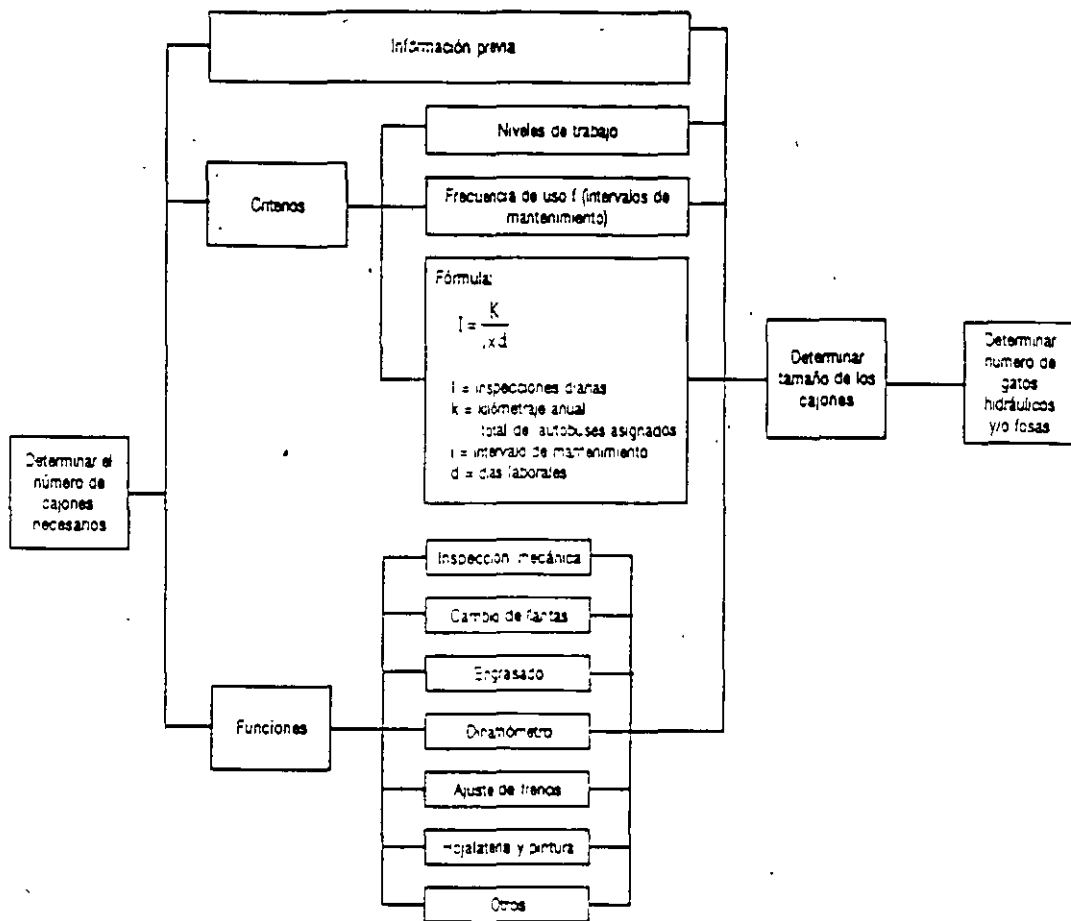


Figura 4.52. Determinación del número de cajones necesarios.

Figura 4.53 sintetiza los aspectos a considerar en la configuración de esta área. A su vez, es recomendable que en estas áreas se utilicen pavimentos de concreto armado, los cuales para su elaboración deben emplear concreto tipo I de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ y acero de refuerzo grado estructural $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$, con un espesor de losa no menor a los 15 cm.

En un área de servicio se presentan varios requerimientos en cuanto a las actividades que afectan la duración del ciclo de servicio, al número de isletas necesarias, a la fuerza laboral y a los surtidores de combustible. Su capacidad estará en función del total de unidades con que cuente el garaje ya que se presta un servicio previamente programado por...

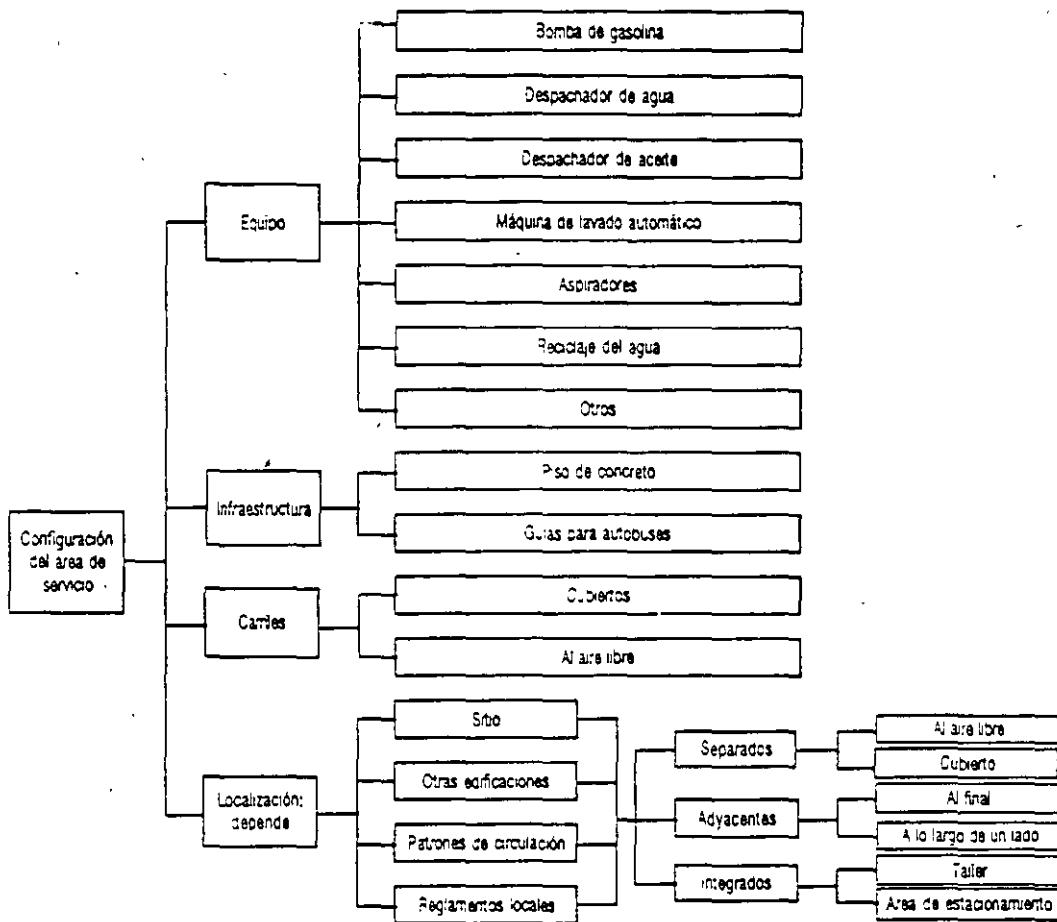


Figura 4.53.
Configuración del área de servicio.

determinada cantidad de kilómetros recorridos. La Figura 4.54 muestra estos requerimientos así como las consideraciones que se deben realizar. En la figura se observa que el tipo de cajón dependerá si se cuenta con rampa hidráulica, con fosa o el cajón se encuentra a nivel. El área necesaria de las fosas, incluyendo circulaciones, varía de los 90 a los 150m², con anchos de 3.6 a 7m, mientras que su longitud varía de 16 a 24m y en la que la longitud adicional se utiliza para contar con corredores, áreas de trabajo o el movimiento de partes estorbosas. La Figura 4.55 muestra el dimensionamiento recomendado por *Petróleos Mexicanos* para las áreas de lavado y engrasado de una estación de servicio,

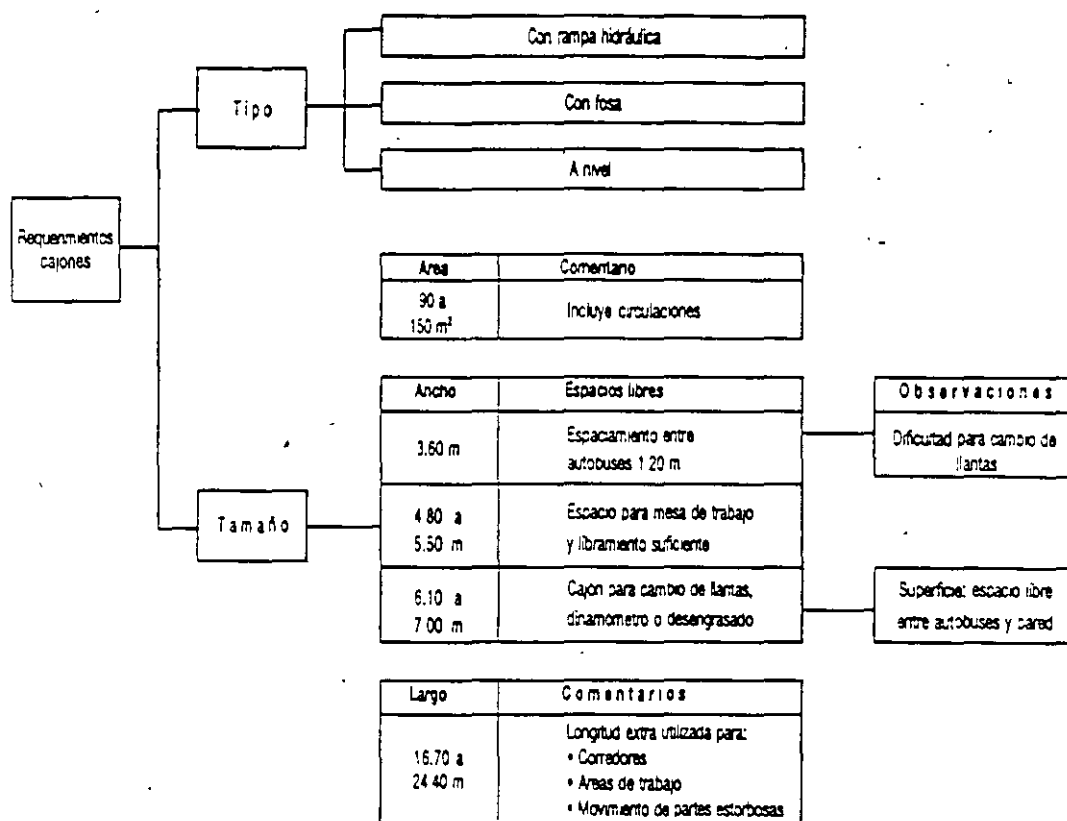
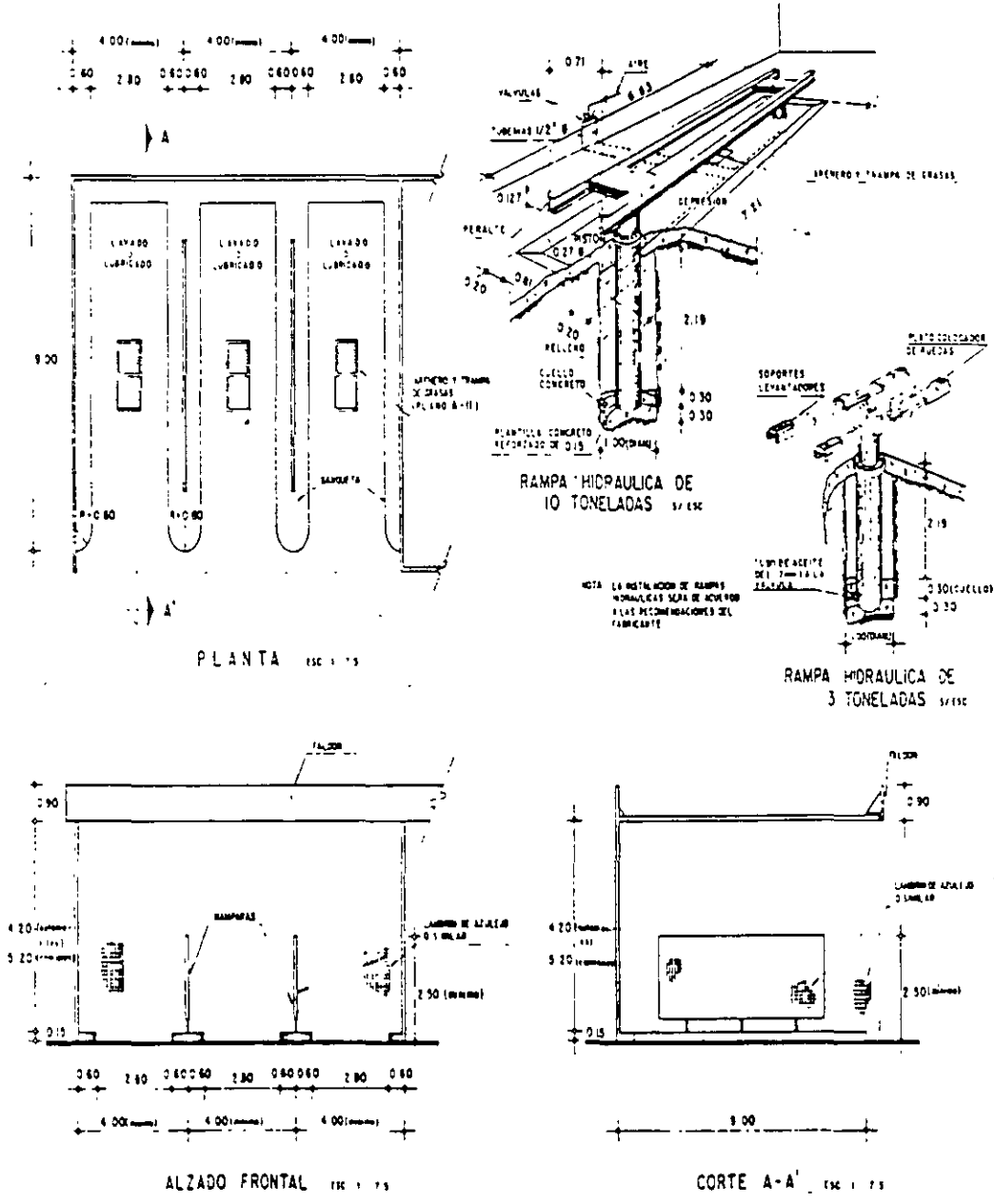


Figura 4.54. Dimensionamiento de cajones de servicio.

mientras que la Figura 4.56 presenta el dimensionamiento de los cajones de servicio.

Las áreas o módulos de abastecimiento cuentan por lo general con dos posiciones de carga, una a cada lado con el objeto de atender a dos unidades simultáneamente. Estos módulos de despacho debe ser instalado sobre una base de concreto hidráulico de 1.2m de ancho por 3.5m de largo, con una guarnición perimetral de fierro o concreto de 15 cm de peralte, a partir del nivel de piso de rodamiento. La Figura 4.57 esquematiza las distancias mínimas (transversales y longitudinales) entre módulos de abastecimiento. A su vez, la Figura 4.58 presenta el dimensionamiento de un módulo de abastecimiento sencillo. A partir de la experiencia de AUPR100 [22], es recomendable contar con 2.5 surtidores por cada cien autobuses, cada uno con un gasto de 90 litros por minuto. Esto permite que se requieran de 5 minutos



Fuente: PEMEX. Especificaciones Generales para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio. México: Dirección General PEMEX-Refinación, 1992

Figura 4.55. Areas de lavado y iubicado.

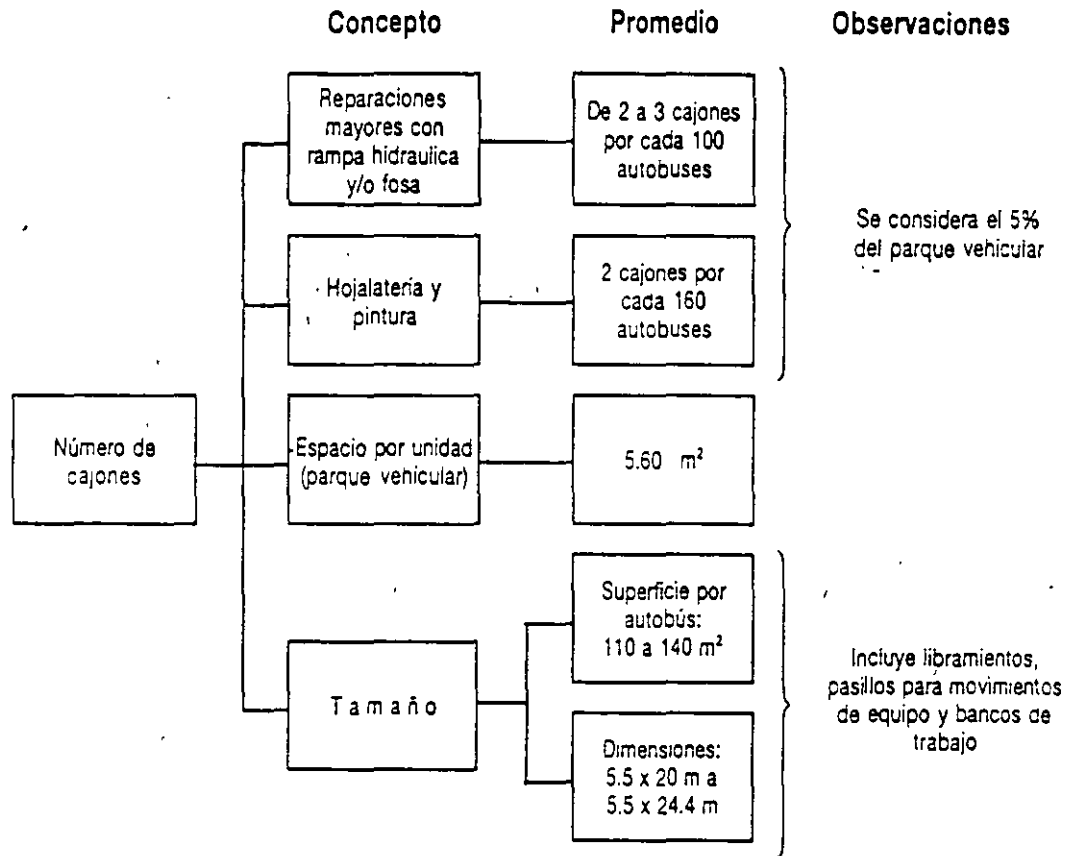


Figura 4.56. Determinación del número de cajones necesarios.

para suministrar combustible y llevar a cabo la revisión de los niveles de aceite, agua y aire.

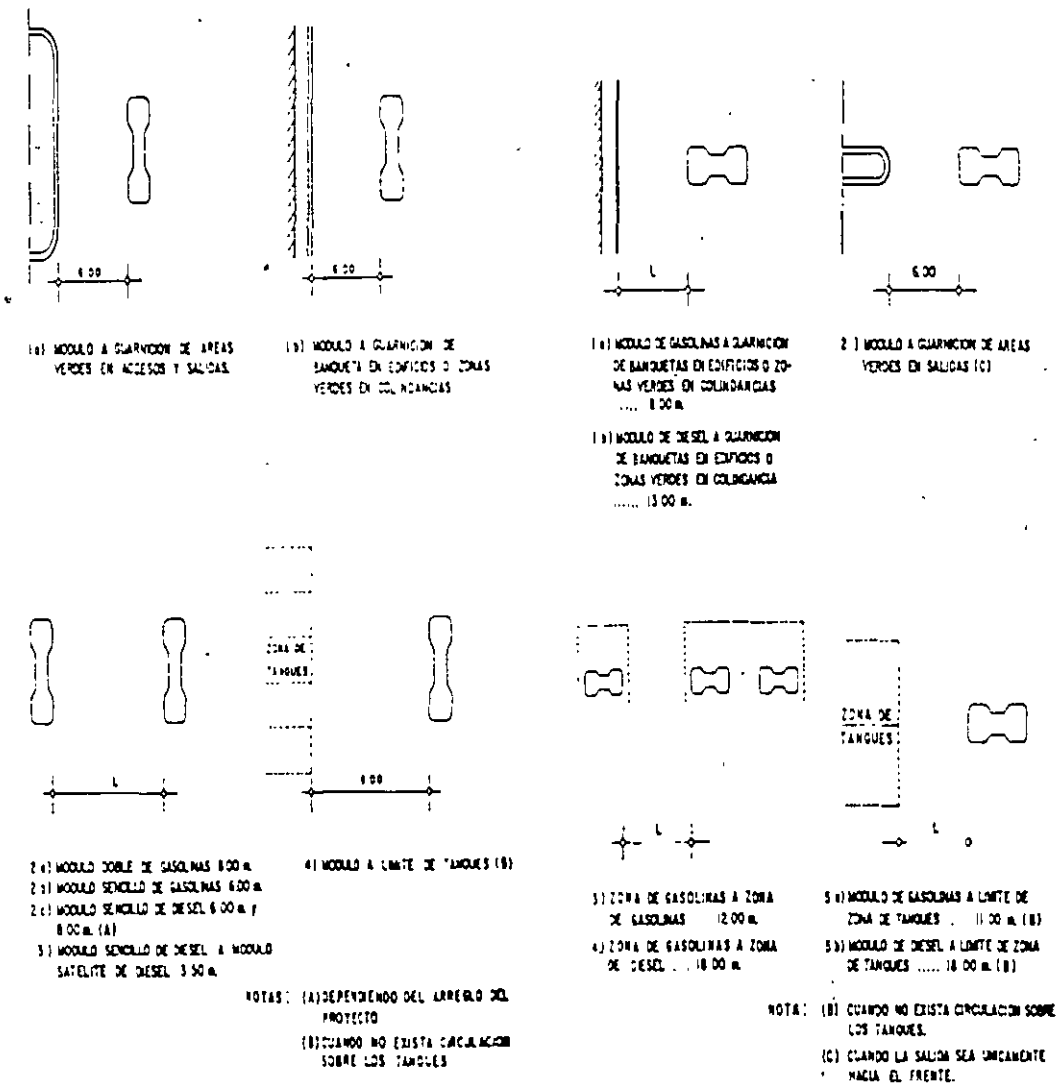
En la determinación del número de cajones necesarios se recomienda el uso de un valor de 5.6m² por autobús. El área ocupada por cajón es de 110 a 140 m², siendo sus dimensiones recomendadas de 5.5 m por 20 a 24 m. Estos valores incluyen libramientos, pasillos para movimiento de equipo y bancos de trabajo.

Area de talleres. Dentro de este concepto se consideran cuatro áreas principales: los talleres propiamente dichos, los cajones o espacios donde se efectúan las reparaciones, el almacén y los espacios de apoyo. La Figura 4.59 muestra un ejemplo de un taller de mantenimiento.

196 *Infraestructura para la Operación del Transporte Público*

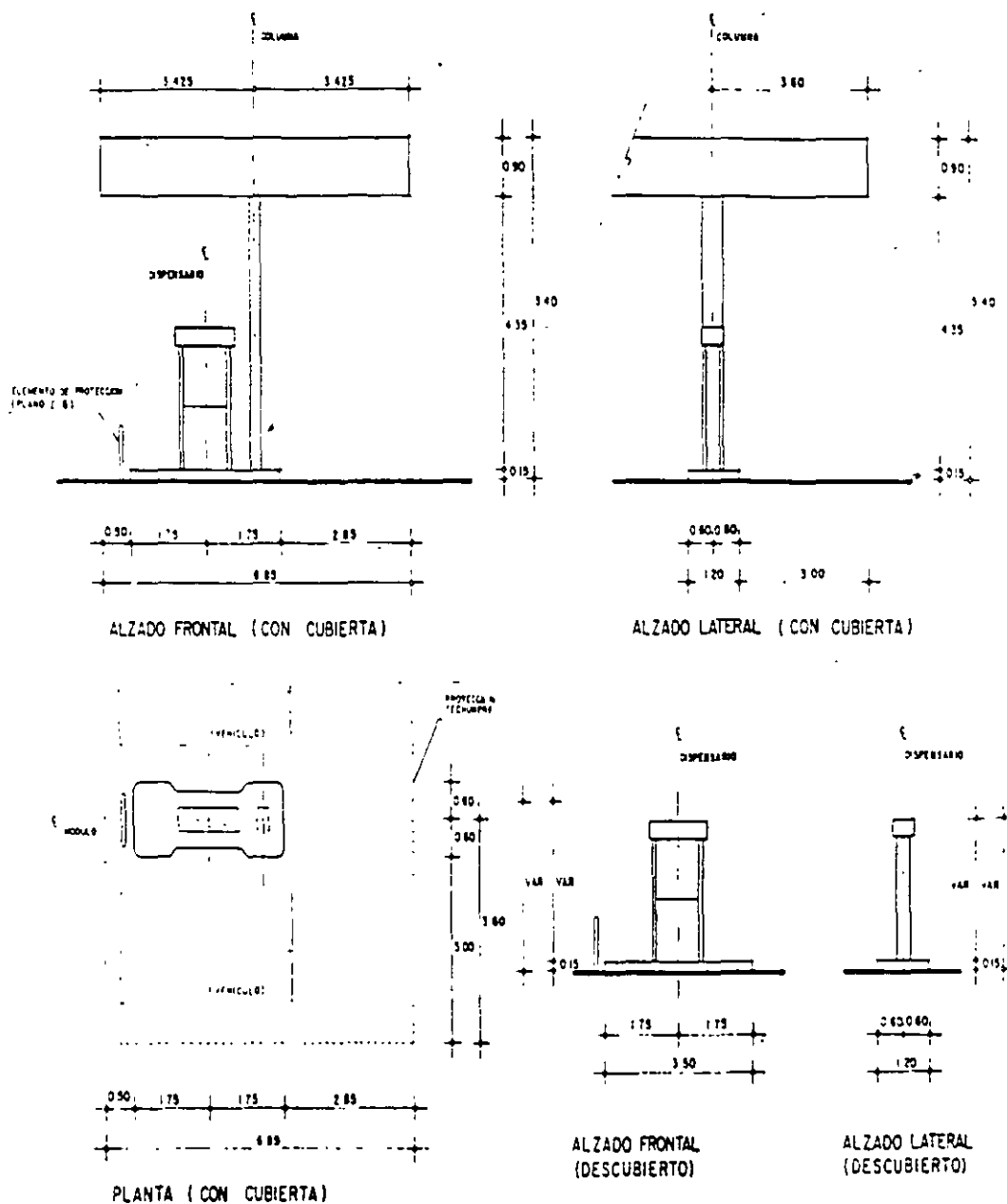
ESQUEMAS DE DISTANCIAS MINIMAS ENTRE MODULOS DE ABASTECIMIENTO (DISTANCIAS TRANSVERSALES)

ESQUEMAS DE DISTANCIAS MINIMAS ENTRE MODULOS DE ABASTECIMIENTO (DISTANCIAS LONGITUDINALES)



Fuente: PEMEX. *Especificaciones Generales para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio.* México: Dirección General PEMEX-Refinación, 1992

Figura 4.57. Distancias mínimas (transversales y longitudinales).



Fuente: PEMEX. Especificaciones Generales para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio. México: Dirección General PEMEX-Refinación, 1992

Figura 4.58. Módulo de abastecimiento sencillo.

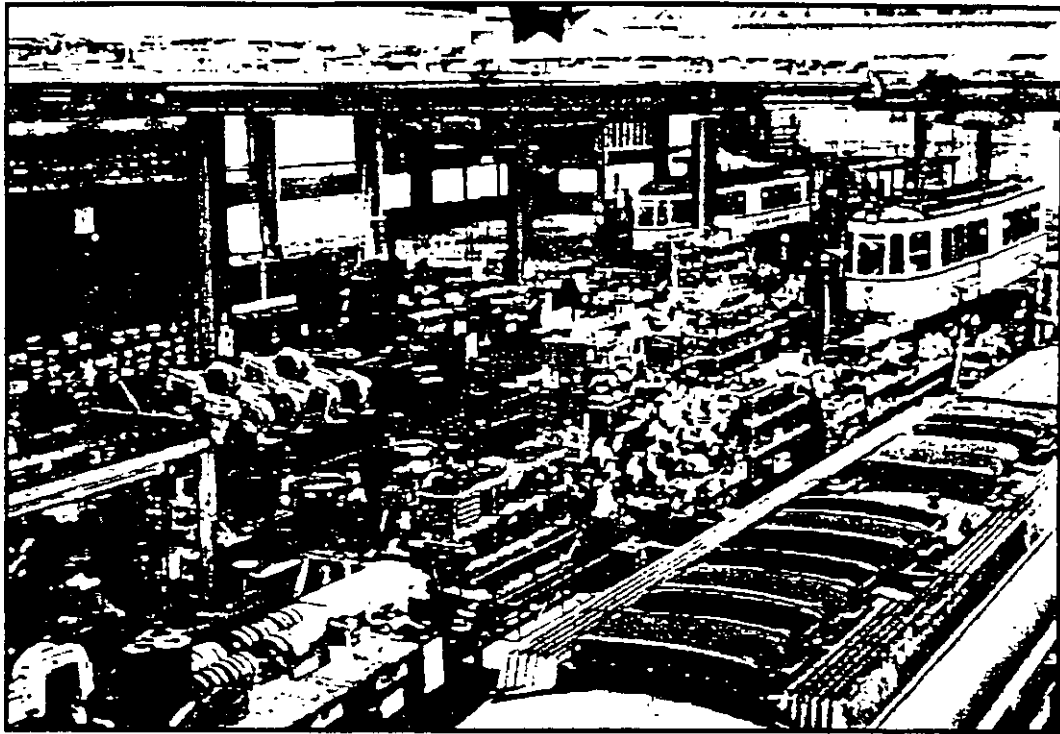


Figura 4.59.
Taller de mantenimiento (Stuttgart, Alemania).

El diseño del taller es básico ya que afectará directamente la productividad. Así, la Figura 4.60 muestra diferentes disposiciones de talleres. En el caso de talleres longitudinales, se logra el acceso de las unidades desde un extremo a fosas largas que permiten acomodar a más de un vehículo. Esta distribución es común en los depósitos de trolebuses debido a la línea elevada de suministro de energía pero, en el caso de los autobuses, se presentan inconvenientes en sus movimientos.

A su vez, se pueden contar con talleres donde los vehículos entran a sus posiciones de mantenimiento, realizando sus movimientos de salida de reversa, permitiendo una flexibilidad en el movimiento hacia los cajones y en su utilización misma. Una ventaja adicional es que permite ubicar áreas de almacenaje, casilleros y áreas y mesas de trabajo a lo largo de la construcción.

Finalmente, se cuenta con talleres que permiten la entrada y salida por los extremos, lo cual facilita los movimientos del vehículo al no tener que dar marcha atrás.

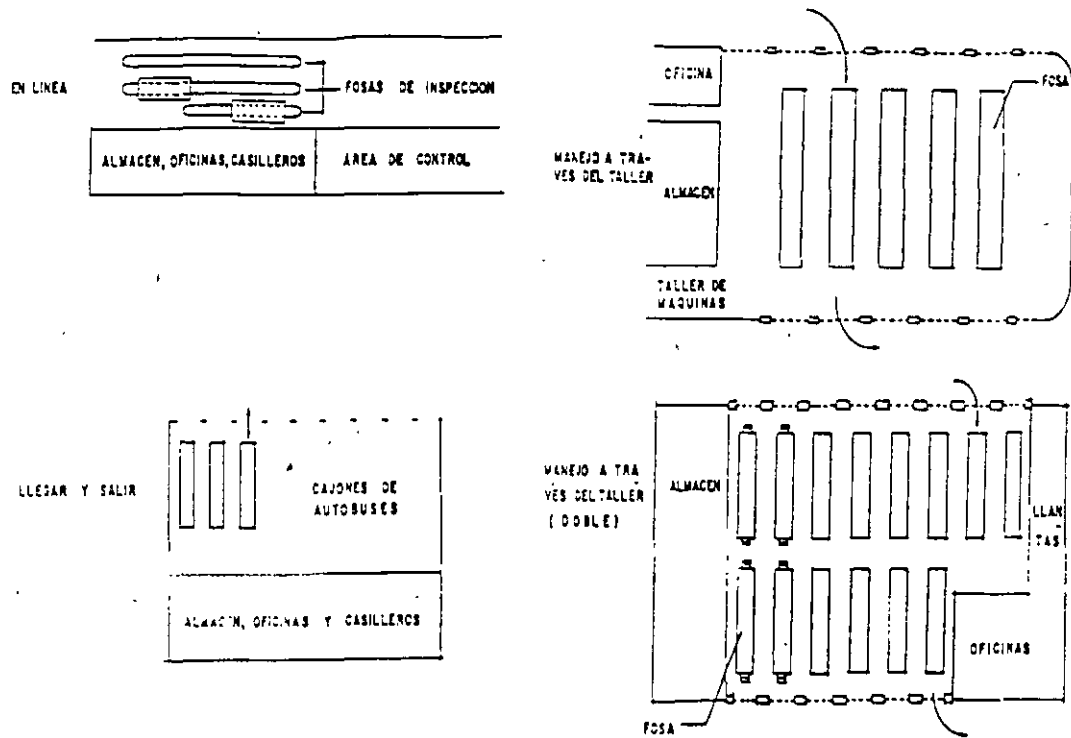


Figura 4.60. Ordenación de espacios del taller

Por otra parte, todo taller debe contar con áreas de apoyo que permitan realizar las actividades de reparación, tales como la vulcanizadora, los almacenes de baterías y lubricantes, compresores, tinas de limpieza y otros, por lo cual es recomendable considerarlas dentro del diseño de un garaje. La Figura 4.61 muestra los espacios de apoyo recomendados así como el dimensionamiento sugerido de estas áreas.

Un taller debe contar con 2 o 3 posiciones por cada 100 autobuses para realizar reparaciones mayores, en las cuales se cuente con fosa o rampa hidroneumática. A su vez, para el caso de hojalatería y pintura es recomendable contar con 2 cajones por cada 100 autobuses. La Figura 4.62 permite estimar de una manera general para un parque vehicular determinado el área de reparación necesaria. Naturalmente, estos requerimientos están en función de la edad del parque vehicular, de los programas de mantenimiento y de la calidad y productividad de la mano de obra con que se cuente.

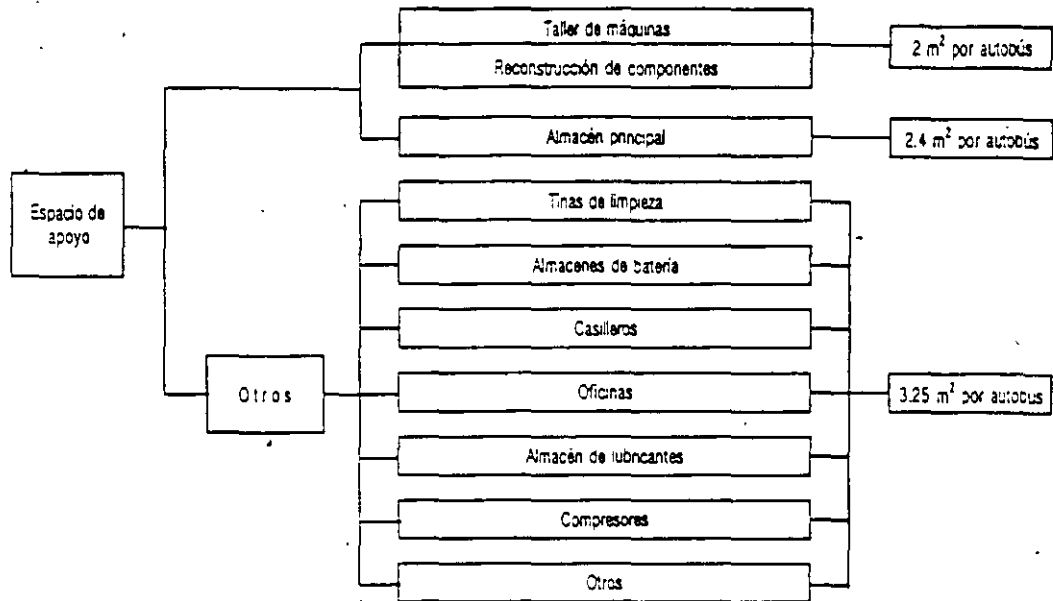


Figura 4.61.
Espacio de apoyo del taller central.

4.4.2.3 Áreas de oficinas, de recreación y de operación

Un garaje, encierro o depósito presenta una serie de funciones administrativas que deben ser atendidas, tales como la asignación de jornadas de trabajo a los operadores, las actividades de recaudación de ingresos y los servicios administrativos inherentes al garaje mismo. A su vez es recomendable que los garajes cuenten con instalaciones y áreas de recreo para sus empleados, tales como comedores, sanitarios, casilleros, oficinas de despacho y áreas de descanso. Esto implica que se requieren de 1.8 a 2.6m² de áreas de oficina por autobús, mientras que las áreas correspondientes a la operación y recreación se estima entre 2 y 3 m² por autobús.

4.4.2.4 Superficie total de un garaje

Al proyectar un nuevo garaje se debe tener presente como criterios principales el tamaño de las instalaciones requeridas así como el equipo necesario. Por ello, es necesario considerar el número de autobuses –actuales y proyectados– que se espera que el garaje vaya a manejar en los próximos cinco años. Se considera que este periodo es adecuado ya que es un interva-

Infraestructura para la Operación del Transporte Público

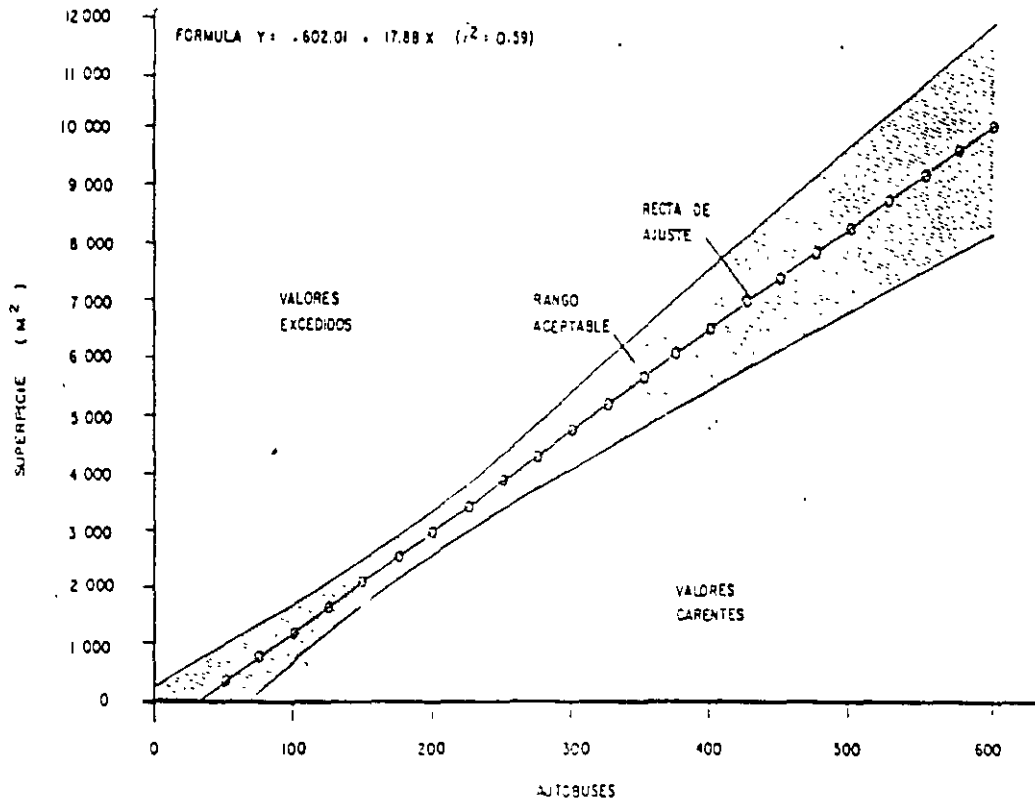


Figura 4.62.
Rangos aceptables del área de reparación

lo razonable entre la planeación inicial y el momento de arranque del garaje mismo.

La selección del predio depende de los requerimientos del área del garaje por lo que es recomendable establecer un estimado inicial. Normalmente, los talleres de mantenimiento no son todos iguales ya que varían en funciones y por ende en tamaño. Así, por ejemplo, los requerimientos de un garaje de inspección son diferentes a aquellos de un taller divisional, mientras que los requerimientos de un taller combinado incluirán espacio para servicio, reparaciones mayores, estacionamiento y otros dentro de un mismo predio.

Por ello, las áreas recomendables de un garaje para el medio mexicano varían desde 70m² hasta 145m² [19.22]. La Figura 4.63 muestra las áreas totales recomendables para un determinado número de autobuses.

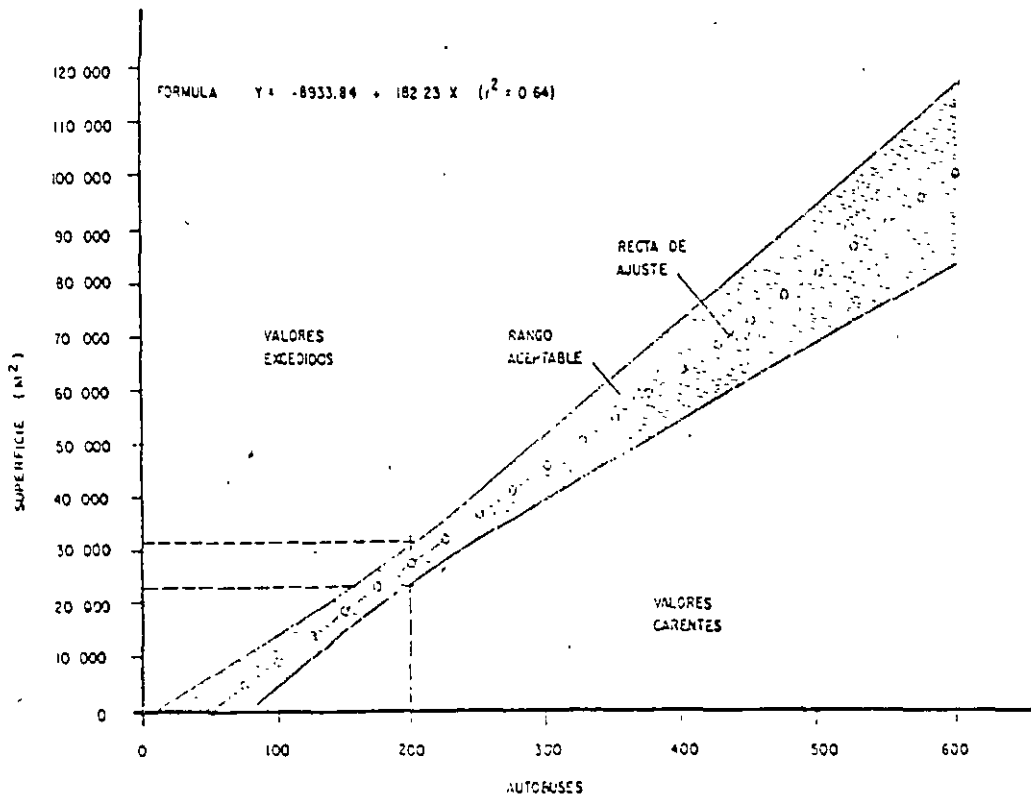


Figura 4.63.
Rangos aceptables del área total.

4.4.2.5 Areas consideradas

El Cuadro 4.10 muestra las ecuaciones estimadas a partir de los valores de los 35 garajes o módulos con que contaba AUPR100 en 1986 [22] y sirven de referencia para el estimado de las áreas requeridas en una infraestructura de este tipo. En él, se presentan los valores mínimo y máximo recomendado así como el valor de ajuste por cada autobús adicional que se integra al garaje. Si bien en algunos casos los coeficientes de determinación del ajuste (r^2) obtenidos denotan un ajuste pobre, estos valores permiten contar con un primer valor de superficies requeridas para el medio mexicano.

TIPO DE AREA	EQUACION DE LA RECTA DE AJUSTE	VALOR DE AJUSTE POR AUTOBUS EXTRA	VALOR MINIMO RECOMENDADO	VALOR MAXIMO RECOMENDADO
Area total	$Y = -8933.84 + 182.23 x (r^2 = 0.64)$	182	70	150
Area de estacionamiento	$Y = -8346.05 + 151.35 x (r^2 = 0.58)$	151	50	145
Area de reparaciones	$Y = -602.01 + 17.89 x (r^2 = 0.59)$	18	11.5	27
Area de almacen	$Y = -46.57 + 1.85 x (r^2 = 0.31)$	1.8	1.3	2.3
Area de oficinas	$Y = 122.46 - 1.25 x (r^2 = 0.21)$	1.3	1.25	2.6
Area de operaciones y recreaciones	$Y = -39.20 - 3.36 x (r^2 = 0.36)$	3.4	2.0	7.0
Area de servicio	$Y = 41.67 + 3.05 x (r^2 = 0.19)$	3.0	2.0	7.0
Numero de bombas	$Y = 0.81 - 0.025 x (r^2 = 0.74)$	0.025	0.01	0.03

Fuente: Referencia [22]. *

Cuadro 4.10.
Ecuaciones de regresión lineal para las áreas de un garage, módulo o encierro.

REFERENCIAS

1. Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual*. Washington, DC: NRC Special Report 209, 1985.
2. Mercedes Benz do Brasil, SA. *Sistema de Transporte Colectivo por Ônibus*. Sao Paulo: Mercedes Benz, 1987.
3. Vukan R. Vuchic. *Transit Operating Manual*. Harrisburg: Pennsylvania Department of Transportation, 1978.
4. Transportation Research Board. *Bus Use of Highways: Planning and Design Guidelines*. Washington, DC: NCHRP Report 155, 1975.
5. VÖV/VDA. *Bus-Verkehrssystem. Fahrzeug, Fahrweg, Betrieb*. Düsseldorf: Alba Buchverlag, GmbH, 1979.
6. USTRAN. *Normas para el Sistema de Transporte de la Ciudad de México*. México: Coordinación General de Transporte, 1986.
7. Rainer Lenk y Hans Peter Theurich. *Beschleunigungsmaßnahmen für Busse und Strassenbahnen*. Aachen: Schweers + Wall, 1980.
8. Vukan R. Vuchic. *Interstation Spacings for Line-Haul Passenger Transportation*. Berkeley: University of California, 1966.
9. SEDESOL. *Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas: Operación del Transporte Público*. México: SEDESOL, 1994.
10. Vukan R. Vuchic. *Urban Public Transport. Systems and Technology*. Englewood Cliff: Prentice Hall, Inc., 1981.
11. Joachim Fiedler. *Grundlagen der Bahntechnik*. Düsseldorf: Werner Verlag, 1980.
12. Vukan R. Vuchic y Shinya Kikuchi. *Design of Outlying Rapid Transit Station Areas*. Washington, DC. TRB Record 505, 1974.
13. OECD. *Bus Lanes and Busway Systems*. Paris: OECD, 1977.
14. Greenwood, D. *Implementation of Bus Priorities*. Londres: Department of Transport, 1976.
15. Dirección General de Obras Públicas. *Memoria Técnica de los Ejes Viales en la Ciudad de México*. México: Departamento del Distrito Federal, 1980.
16. Pedro Szasz. *Coordinated Bus Convoy*. Sao Paulo: CET Boletín técnico 9, 1978.
17. _____. *Comonor II*. Sao Paulo: CET Boletín Técnico 22, 1979.
18. Norbert Klein. *Stadtbahnssysteme und ihre Einsatzgrenzen*. Aachen: Schweers + Wall, 1978.
19. ISTME. *Memoria del Proyecto de Taller de Mantenimiento para Autobuses Urbanos*. México: COVITUR, 1981.

20. Stephen Andrie. *Space Allocation in Bus Maintenance Facilities*. Washington, DC: Transportation Research Board, 1985.
21. Mitre Corporation. *Bus Maintenance Facilities*. Washington, DC: Urban Mass Transportation Administration, 1975.
22. Angel Molinero. *Estaciones de Mantenimiento*. México: COVITUR, 1984.
23. Wolfgang Mensebach. *Strassenverkehrstechnik*. Düsseldorf: Werner Verlag, 1974.
24. PEMEX Refinación. *Especificaciones Generales para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio*. México: PEMEX, 1992.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

DIPLOMADO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE

MODULO III: INGENIERIA DE TRANSPORTE

**REPORTE DIARIO DEL CONDUCTOR SOBRE LA INSPECCION DEL
VEHICULO**

EXPOSITOR: ING. PEDRO ARAU GRANDA

1997

REPORTE DIARIO DEL CONDUCTOR SOBRE LA INSPECCION DEL VEHICULO

(Según los requerimientos del Depto. de Transportes de los Estados Unidos)

(Marque con una X cualquier renglón con defecto y dé detalles)

Fecha: _____ Hora: _____ A.M. P.M. Lugar: _____

TRACTOR No. _____

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Compresor de Aire | <input type="checkbox"/> Claxon | <input type="checkbox"/> Muelles |
| <input type="checkbox"/> Líneas de ventilación | <input type="checkbox"/> Luces | <input type="checkbox"/> Arrancador |
| <input type="checkbox"/> Batería | <input type="checkbox"/> Faros - Alto | <input type="checkbox"/> Dirección |
| <input type="checkbox"/> Carrocera | <input type="checkbox"/> Calaveras - Tablero | <input type="checkbox"/> Tacógrafo |
| <input type="checkbox"/> Accesorios del Freno | <input type="checkbox"/> Direccionales | <input type="checkbox"/> Llantas |
| <input type="checkbox"/> Frenos | <input type="checkbox"/> Espejos | <input type="checkbox"/> Cadenas p/llantas |
| <input type="checkbox"/> Carburador | <input type="checkbox"/> Mofle | <input type="checkbox"/> Transmisión |
| <input type="checkbox"/> Clutch | <input type="checkbox"/> Presión del aceite | <input type="checkbox"/> Ruedas |
| <input type="checkbox"/> Aire caliente (defroster) | <input type="checkbox"/> Radiador | <input type="checkbox"/> Ventanas |
| <input type="checkbox"/> Línea de transmisión | <input type="checkbox"/> Parte trasera | <input type="checkbox"/> Limpiadores del parabrisa |
| <input type="checkbox"/> Motor | <input type="checkbox"/> Reflectores | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> Llanta de refacción | <input type="checkbox"/> Equipo de Seguridad | |
| <input type="checkbox"/> Eje delantero | <input type="checkbox"/> Extinguidor | |
| <input type="checkbox"/> Tanques de combustible | <input type="checkbox"/> Banderas - Antorchas - | |
| <input type="checkbox"/> Generador | <input type="checkbox"/> Señales luminosas - | |
| <input type="checkbox"/> Calentador | <input type="checkbox"/> Focos de refacción & | |
| | <input type="checkbox"/> Fusibles | |
| | <input type="checkbox"/> Repuesto de reflector | |

TRAILER No. _____

- | | | |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Conexiones Freno | <input type="checkbox"/> Enganche | <input type="checkbox"/> Cubierta de lona |
| <input type="checkbox"/> Frenos | <input type="checkbox"/> Tren de aterrizaje | <input type="checkbox"/> Llantas |
| <input type="checkbox"/> Cadenas de Acoplamiento | <input type="checkbox"/> Luces - todas | <input type="checkbox"/> Ruedas |
| <input type="checkbox"/> Pasador de Enganche | <input type="checkbox"/> Techo | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> Puertas | <input type="checkbox"/> Muelles | |

COMENTARIOS: _____

LA CONDICION DE LOS VEHICULOS ANTERIORES ES SATISFACTORIA

Conductor que elaboró el reporte _____ (Firma)

Mecánico que hizo las reparaciones _____ (Firma)

REPORTE DEL CONDUCTOR SOBRE LA CONDICION DEL VEHICULO

(Reporte después de un viaje)

FECHA: _____ Nombre y firma del conductor _____

TRACTOR No. _____

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Compresor de aire | <input type="checkbox"/> Claxon | <input type="checkbox"/> Muelles |
| <input type="checkbox"/> Líneas de ventilación | <input type="checkbox"/> Luces | <input type="checkbox"/> Arrancador |
| <input type="checkbox"/> Batería | <input type="checkbox"/> Faros - Alto | <input type="checkbox"/> Dirección |
| <input type="checkbox"/> Carrocera | <input type="checkbox"/> Calaveras - Tablero | <input type="checkbox"/> Tacógrafo |
| <input type="checkbox"/> Accesorios del Freno | <input type="checkbox"/> Direccionales | <input type="checkbox"/> Llantas |
| <input type="checkbox"/> Frenos | <input type="checkbox"/> Espejos | <input type="checkbox"/> Cadenas p/llantas |
| <input type="checkbox"/> Carburador | <input type="checkbox"/> Mofle | <input type="checkbox"/> Transmisión |
| <input type="checkbox"/> Clutch | <input type="checkbox"/> Presión del aceite | <input type="checkbox"/> Ruedas |
| <input type="checkbox"/> Aire caliente (defroster) | <input type="checkbox"/> Radiador | <input type="checkbox"/> Ventanas |
| <input type="checkbox"/> Línea de transmisión | <input type="checkbox"/> Parte trasera | <input type="checkbox"/> Limpiadores del |
| <input type="checkbox"/> Motor | <input type="checkbox"/> Reflectores | <input type="checkbox"/> parabrisa |
| <input type="checkbox"/> Llanta de refacción | <input type="checkbox"/> Equipo de Seguridad | |
| <input type="checkbox"/> Eje delantero | <input type="checkbox"/> Extinguidor | |
| <input type="checkbox"/> Tanques de combustible | <input type="checkbox"/> Banderas - Antorchas - | |
| <input type="checkbox"/> Generador | <input type="checkbox"/> Señales luminosas - | |
| <input type="checkbox"/> Calentador | <input type="checkbox"/> Focos de refacción & | |
| | <input type="checkbox"/> Fusibles | |
| | <input type="checkbox"/> Repuesto de reflector | |

TRAILER No. _____

- | | | |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Conexiones Freno | <input type="checkbox"/> Enganche | <input type="checkbox"/> Cubierta de lona |
| <input type="checkbox"/> Frenos | <input type="checkbox"/> Tren de aterrizaje | <input type="checkbox"/> Llantas |
| <input type="checkbox"/> Cadenas de Acoplamiento | <input type="checkbox"/> Luces - todas | <input type="checkbox"/> Ruedas |
| <input type="checkbox"/> Pasador de Enganche | <input type="checkbox"/> Techo | <input type="checkbox"/> Otros |
| <input type="checkbox"/> Puertas | <input type="checkbox"/> Muelles | |

UTILICE EL ESPACIO QUE SIGUE PARA EXPLICACIONES

Este reporte es hecho para accidentes
¿Estuvo sujeto a la Inspección de Cumplimiento y Equipo? Sí No

LA CONDICION DE LOS VEHICULOS ANTERIORES ES SATISFACTORIA

REPORTE DEL MECANICO _____

Fecha _____ Mecánico que hizo las reparaciones _____

TECNICAS DISEÑADAS PARA AUMENTAR Y MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO
DE LA FLOTILLA

NOTA: ESTA GUIA HA SIDO DISEÑADA PARA FACILITAR EL TRABAJO
DE TOMAR NOTAS.

I. DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS:

1. Definición
2. Determinación de requerimientos del departamento
o grupo
3. Balance
4. LOGROS
5. ABC del análisis de mercadeo

II. DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS

1. De casa
2. Biblioteca de informática
3. Compañías no competidoras
4. Organizaciones mercantiles
5. Organizaciones de profesionistas
6. Organizaciones gubernamentales
7. Vendedores
8. Consultores
9. Competencia

III. EVALUACION POR MEDIO DE LA COMPARACION

1. Definición
2. Análisis

3. Balance
4. Requerimientos de la compañía, de grupo e individuales.

IV. COMBINACIÓN DE FUENTES DISPONIBLES CON REQUERIMIENTOS PROYECTADOS:

1. Elaborar planes
2. Evaluar planes
3. Ejecutar planes

V. EJEMPLOS DE TECNICAS PARA MEJORAR RESULTADOS:

1. Reducción de precios
2. Mejor capacidad para cumplir los requerimientos de entrega
3. Calidad mejorada
4. Aumentar el número de entregas
5. Reducir los costos de manejo de inventarios
6. Reducir los costos de diseño

7. Costos de operación del comprador reducidos
8. Riesgo reducido para el comprador
9. Estar atento del comprador
10. Involucrarse en la resolución de problemas del comprador.
11. Convertirse en miembro del equipo del comprador
12. Negociar

FORMULAS PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO

126. EFECTIVIDAD EN LA PROGRAMACION

$$\frac{\# \text{ TRABAJOS TERMINADOS A TIEMPO}}{\text{TOTAL \# DE TRABAJOS}} \times 100$$

127. UTILIZACION MAQUINAS EN EL TALLER DE REPARACIONES

$$\frac{\text{MAQUINAS PROGRAMADAS}}{\text{MAQUINAS DISPONIBLES}} \times 100$$

128. UTILIZACION MANO DE OBRA PROGRAMADA

$$\frac{\text{MANO DE OBRA PROGRAMADA (EN HORAS)}}{\text{MANO DE OBRA DISPONIBLE (EN HORAS)}} \times 100$$

8

129. UTILIZACION TOTAL DE MANO DE OBRA

$$\frac{\text{MANO DE OBRA TRABAJANDO PRODUCTIVAMENTE (HORAS)}}{\text{MANO DE OBRA DISPONIBLE (HORAS)}} \times 100$$

130. CALIDAD DEL TRABAJO

$$\frac{\text{\# DE TRABAJOS TERMINADOS Y QUE PASEN INSPECCION}}{\text{TOTAL \# DE TRABAJOS}} \times 100$$

131. COSTO ESTANDAR (POR TRABAJO)

$$\frac{\text{COSTO ESTANDAR O PRESUPUESTADO POR TRABAJO}}{\text{COSTO REAL}} \times 100$$

132. COSTO ESTANDAR (TOTAL POR PERIODO)

$$\frac{\text{COSTO ESTANDAR O PRESUPUESTADO, TOTAL}}{\text{COSTO REAL TOTAL}} \times 100$$

133. CONFIABILIDAD EN EL LIBRO DE INVENTARIOS DE MANTENIMIENTO

$$\frac{\# \text{ INVENTARIOS } \neq \text{ X\% LEVANTAMIENTO FISICO}}{\# \text{ INVENTARIOS EN LIBROS VERIFICADOS POR LEVANTAMIENTO}} \times 100$$

134. NIVEL DE CONFIABILIDAD DEL LEVANTAMIENTO DE INVENTARIO

$$\frac{\# \text{ 2o. RECUENTO } \neq \text{ X\% DEL PRIMER LEVANTAMIENTO}}{\# \text{ LEVANTAMIENTOS VERIFICADOS DOS VECES}} \times 100$$

135. --CONFIABILIDAD EN LOS TRABAJOS ADMINISTRATIVOS

$$\frac{\# \text{ TRABAJOS SIN ERRORES}}{\text{TOTAL} \# \text{ TRABAJOS ADMINISTRATIVOS}} \times 100$$

136. ROTACION DEL INVENTARIO DE MANTENIMIENTO

$$\frac{\text{COSTO PROMEDIO DE LOS MATERIALES ALMACENADOS}}{\text{COSTO ANUAL DEL MATERIAL}} \times 100$$

137. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES

$$\frac{\text{TRABAJOS TERMINADOS} - \text{TRABAJOS REPROGRAMADOS}^*}{\text{TOTAL DE TRABAJOS PROGRAMADOS}} \times 100$$

(*) DEBIDO A FALTA DE MATERIALES.

138. RECHAZO DE MATERIALES

$$\frac{\text{TRABAJOS TERMINADOS - TRABAJOS REPROGRAMADOS*}}{\text{TOTAL DE TRABAJOS PROGRAMADOS}} \times 100$$

(*) DEBIDO A LA MALA CALIDAD O AL TIPO EQUIVOCADO DE MATERIALES.

139. UTILIZACION DEL ESPACIO PARA EL INVENTARIO DE MANTENIMIENTO, I

$$\frac{\# \text{ ESPACIOS OCUPADOS}}{\text{TOTAL \# DE ESPACIOS}} \times 100$$

140. UTILIZACION DEL ESPACIO PARA EL INVENTARIO DE MANTENIMIENTO, II

$$\frac{\text{TOTAL DE PIES CUBICOS OCUPADOS}}{\text{TOTAL DE PIES CUBICOS EN EL AREA DE ALMACENAMIENTO}} \times 100$$

141. RENDIMIENTO DE LA PRODUCCION

$$\frac{\text{UNIDADES PRODUCIDAS POR TURNO}}{\text{MAXIMA CAPACIDAD POR TURNO}} \times 100$$

142. CONSUMO DE ENERGIA

$$\frac{\text{ENERGIA UTILIZADA POR PERIODO}}{\text{CONSUMO DE ENERGIA ESPECIFICADA POR PERIODO}} \times 100$$

143. UTILIZACION DE EQUIPO PORTATIL

$$\frac{\text{HORAS MEDIDAS O REGISTRADAS}}{\text{TOTAL DE HORAS DE TRABAJO}} \times 100$$

144. TIEMPO EXTRA DE MANTENIMIENTO

HORAS DE TIEMPO CORRIDO

X 100

TOTAL HORAS INCLUYENDO TIEMPO EXTRA

145. TIEMPO EXTRA DE PRODUCCION

HORAS DE TIEMPO CORRIDO

X 100

TOTAL HORAS DE TIEMPO CORRIDO INCLUYENDO
TIEMPO EXTRA

146. TRABAJOS PROGRAMADOS TERMINADOS DENTRO DEL
MARGEN DE COSTO

TRABAJOS PROGRAMADOS TERMINADOS \neq X% *

X 100

TOTAL DE TRABAJOS PROGRAMADOS TERMINADOS

(*) DE ESTIMADO

147. INTENSIDAD DE SUPERVISION DE MANTENIMIENTO
DE PRIMERA LINEA

$$\frac{\text{TOTAL PERSONAL CALIFICADO (A)}}{\text{(A) + TOTAL SUPERVISORES DIRECTOS}} \times 100$$

148. INTENSIDAD DE SOPORTE DE MANTENIMIENTO

$$\frac{\text{TOTAL OPERARIOS CALIFICADOS (B)}}{\text{(B) + DEMAS PERSONAL DE MANTENIMIENTO}} \times 100$$

149. RETRASO POR PERIODO. I

$$\frac{\text{ORDENES DE TRABAJO VENCIDAS - O MAS DIAS}}{\text{TOTAL ORDENES DE TRABAJO EJECUTADAS}} \times 100$$

150. RETRASO POR PERIODO, II

$$\frac{\text{UNIDADES LISTAS PARA SER PUESTAS EN CIRCULACION}}{\text{UNIDADES DISPONIBLES POR PERIODO}} \times 100$$

151. MOVIMIENTO TOTAL DE ORDENES DE TRABAJO POR PERIODO

$$\frac{\# \text{ TRABAJOS TERMINADOS}}{\# \text{ TRABAJOS NO TERMINADOS}} \times 100$$

152. REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR PERIODO

$$\frac{\text{HOMBRE/DIAS REALIZANDO MANTENIMIENTO PREVENTIVO}}{\text{TOTAL HOMBRE/DIAS PRODUCTIVOS}} \times 100$$

153. REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA POR PERIODO

$$\frac{\text{HOMBRE/DIAS EN TRABAJOS DE EMERGENCIA}}{\text{TOTAL HOMBRE/DIAS PRODUCTIVOS}} \times 100$$

154. FALLAS MECANICAS

$$\frac{\text{TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL EQUIPO POR FALLA MECANICA}}{\text{TOTAL TIEMPO IMPRODUCTIVO}} \times 100$$

155. COSTO DEL TIEMPO IMPRODUCTIVO DEBIDO A FALLA MECANICA,
POR PERIODO (MANTENIMIENTO, PRODUCCION, Y OTRAS AREAS,
SEGUN SE APLIQUE)

$$\frac{\text{COSTO TOTAL}}{\text{COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO}} \times 100$$

156. COSTOS DE TIEMPO IMPRODUCTIVO DE MANTENIMIENTO, POR PERIODO

COSTOS TOTALES DIRECTOS DE TIEMPO IMPRODUCTIVO
DE MANTENIMIENTO _____ X 100
COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO.

157. _ _ _ _ _ DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO

TIEMPO REAL DE CORRIDA POR PERIODO (c) X 100
(c) + TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PERIODO

158. CALIDAD DEL MANTENIMIENTO EN \$ POR PERIODO

\$ PERDIDOS POR FALLAS OCASIONADAS POR MANTENIMIENTO
INADECUADO X 100
\$ GASTADOS EN MANTENIMIENTO

159. CALIDAD DEL MANTENIMIENTO, POR # DE TRABAJOS, POR PERIODO

$$\frac{\# \text{ FALLAS OCASIONADAS POR MANTENIMIENTO INADECUADO}}{\# \text{ DE ORDENES DE TRABAJO}} \times 100$$

160. COSTO DE MANTENIMIENTO INADECUADO EN MANUFACTURA

$$\frac{\# \text{ UNIDADES RECHAZADAS COMO RESULTADO DE MANTENIMIENTO INADECUADO (D)}}{(D) + \text{TOTAL DE UNIDADES PRODUCIDAS}} \times 100$$

161. REGISTRO DE INSPECCION

$$\frac{\text{INSPECCIONES TERMINADAS}}{\text{INSPECCIONES PROGRAMADAS}} \times 100$$

162. RESULTADOS DE LA INSPECCION

ORDENES DE TRABAJO COMO RESULTADO DE LAS
INSPECCIONES (E)

X 100

(E) + INSPECCIONES TERMINADAS

TABLA IV
SERVICIOS Y EQUIPOS AUXILIARES
TALLERES DE MANTENIMIENTO

DEPOSITO

**INSTALACIONES
CIVILES (Edificios)**

**INSTALACION
HIDRAULICA
(Agua Potable)**

**Tomas
Edo. Actual**

**INSTALACION
ELECTRICA
(Iluminación y Energía)**

**Alumbrado
Edo. Actual**

**Contactos
Edo. Actual**

**AIRE COMPRIMIDO
(Red Neumatica)**

**Tomas
Edo. Actual**

EQUIPOS

**(Hidroneumatico)
Edo. Actual**

AUXILIARES

**(Compresoras)
Edo. Actual**

Subestación

TABLA III
CAPACIDAD DE LOS DEPOSITOS
(Cantidad de Autobuses)

PVT Actual

Capacidad de
encierro

Capacidad de
operación

Capacidad de insta-
lación de mto.
(15% de PVT de acuerdo
a normas)

PVT = Parque Vehicular Total.

TABLA II
INSTALACIONES FIJAS.
DISTRIBUCION AREA MANTENIMIENTO
CAJONES
ASIGNACION ACTUAL

MECANICA
GENERAL

TRANSMISIONES
AUTOMATICAS

ELECTROMECAHNICA

CARROCERIA HOJA-
LATERIA Y PINTURA

TAPICERIA

MUELLES

LUJITAS

RADIADORES

ALINEACION

TOTAL DE CAJONES

LAVADO Y ENGRASADO
FOSAS

RAMPAS HIDRO-
NEUMATICAS

LAVADO
CARROCERIA

NOTA: CAJONES = LUGAR PARA ESTACIONAR UNA AUTOBUS Y EFECTUAR EL MATENIMIENTO:
DIMENSIONES 4mts. ANCHO x 12 mts. DE LARGO = 48 mts² DE SUPERFICIE.

* EXISTEN LUGARES DE TRABAJO NO DELIMITADOS EN EL PATIO.

** SE TRABAJA EN LOS CAJONES DE HOJALATERIA Y PINTURA.

TABLA I
INSTALACIONES FISICAS.
AREAS (m²)

SUP. m²

MANTENIMIENTO
(MECANICO)

ENCIERRO

ESTACION DE
DESPACHO DE
COMBUSTIBLE

CASA
MAQUINAS

ADMINISTRATIVAS

ALMACEN REFACC.

RAMPA Y/O FOSA

LAVADO DE
CARROCERIA

CIRCULACION

SERVICIOS MANTTO.
BAÑOS GENERALES

TOTAL AREA
COSTRUIDA

DIFERENCIA:
AREAS DE ENCIERRO Y
CIRCULACION DE AUTO-
BUSES, NO DE LIMITADAS
Y AREAS VERDES.

CONCEPTO	EXISTE	FUNCIONA	CAPACIDAD	ESTADO	ANTIGUEDA	OBSERVACIONES
AREAS DE MANTENIMIENTO						
ESTACION DE SERVICIO Y DESPACHO DE COMBUSTIBLE						
LAVADO DE CARROCERIA						
DIAGNOSTICO DE MOTOR Y FRENOS						
LAVADO, ENGRASADO Y LUBRICACION						
CUARTO DE MAQUINAS						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO A TRANSMISION						
AREAS						
ESTACIONAMIENTO DE AUTOBUSES EN ESPERA DE REPARACION						
ESTACIONAMIENTO DE AUTOBUSES DISPONIBLES						
ENTRADA DE AUTOBUSES						
SALIDA DE AUTOBUSES						
ALMACEN DE REFAACIONES Y HERRAMIENTAS						
OFICINAS DE MANTENIMIENTO						
OFICINA DE PROGRAMACION						
VIGILANCIA						
EDIFICIO ADMINISTRATIVO						
DORMITORIOS						
COMEDOR						
BAÑOS GENERALES						
SERVICIOS MEDICOS						
DIMENSIONES						
FOSAS						
CAJONES DE ESTACIONAMIENTO						

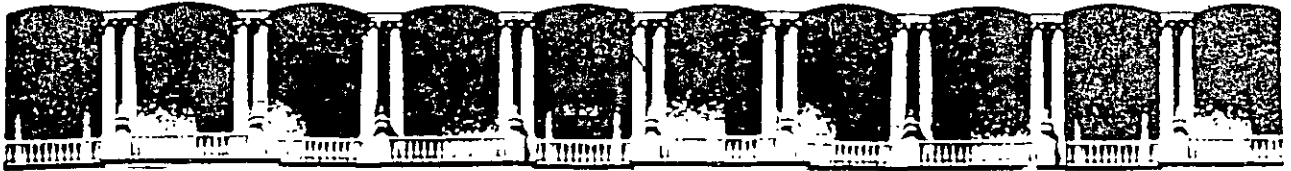
24

FORMATO3.XLS

No.	INSTALACIONES EN EL	EXISTE	CANT.	ESTADO	FUNCIONA	OBSERVACIONES
1	EQUIPO DE BOMBEO					
2	EQUIPO HIDRONEUMATICO					
3	BAJADAS DE AGUAS PLUVIALES					
4	TUBERIAS DE AGUA POTABLE Y SANITARIA					
5	RED INTERNA DE DRENAJES					
6	TANQUES DE ALMACENAMIENTO					
7	TRAMPAS DE GRASA					
8	CISTERNA					
9	SECADORES					
10	POSTENFRIADORES					
11	TUBERIA Y CONEXIONES					
12	FILTROS					
13	SEPARADORES DE AGUA					
14	REGULADORES					
15	TOMAS					
16	ARRANCADORES					
17	CENTROS DE CARGA					
18	INTERRUPTORES					
19	TRASNFER					
20	TIPO DE ILUMINACION INT.					
21	TIPO DE ILUMINACION EXT.					
22	CONTACTOS MONOFASICOS					
23	CONTACTOS TRIFASICOS					
24	RAMPAS DE CONCRETO					
25	COLECTORES Y ALCANTARILLADO					
26	CARCAMO DE BOMBEO					
27	CIMENTACION PARA EQUIPO Y MAQUINARIA					
28	PISOS					
29	CONCRETO					
30	ASFALTO					
31	TERRACERIA					
32	SISTEMAS DE SEGURIDAD					
33	C.I.					
34	EXTINGUIDORES					
35	MANGUERAS					
36	ROCIADORES					
37	BOMBA C.I. T ELECTRICA					
38	TOMAS SIAMESAS					
39	ALARMAS					
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						

FORMATO2.XLS

No.	EQUIPO EN	EXISTE	CANT	FUNCIONA	CAPACIDA	ESTADO	OBSERVACIONES
1	RAMPA HIDRONEUMÁTICA						
2	LAVADORA ALTA PRESIÓN						
3	LAVADORA AUTOMÁTICA DE CARROCERÍA						
4	PLUMAS HIDRÁULICAS						
5	GATO HIDRÁULICO PARA TRANSMISIÓN						
6	PORTO POWER						
7	PRENSA HIDRÁULICA						
8	BOMBA DE GRASA ESTACIONARIA						
9	BOMBA DE ACEITE ESTACIONARIA						
10	LLAVES DE IMPACTO						
11	BOMBA DESPACHADORA DE COMBUSTIBLE						
12	CENTRIFUGADORA						
13	DINAMOMETRO DE CHASIS						
14	DINAMOMETRO DE FRENO						
15	CARGADOR DE BATERÍAS (TUNGAR)						
16	SOLDADOR DE PLOMO (PIRO)						
17	SOLDADORA POR ARCO ELÉCTRICO						
18	ESMERIL DE BANCO						
19	PULIDORA						
20	TALADRO DE COLUMNA						
21	DESMONTADORA DE LLANTAS						
22	EQUIPO DE OXIACETILENO						
23	FOSA DE ALINEACIÓN Y BALANCEO						
24	PLANTA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA						
25	LAVADO A DE VAPOR						
26	BOMBA DE ALTA PRESIÓN DE AGUA						
27	BOMBA MANUAL PORTÁTIL PARA GRASA						
28	BOMBA MANUAL PORTÁTIL PARA ACEITE						
29	COMPRESORES						
30	REMACHADORAS DE BALATAS						
31	GATOS NEUMÁTICOS						
32	EQUIPO DE PINTURA						
33	DOBLADORA DE LÁMINA						
34	CIZAYA						
35	BANCO DE PRUEBA PARA MOTORES						
36	SUBESTACIÓN						
37	HIDRONEUMÁTICO						
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

II DIPLOMADO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE

MODULO III: INGENIERIA DEL TRANSPORTE

TEMA: ESPECIFICACIONES

COORDINADOR GENERAL: ING. ROMAN VAZQUEZ BERBER

**COORDINADORA DEL MODULO III: ING. ANGEL ALCEDA
HNEDZ.**

EXPOSITOR: Ing. Pedro Arau

PRIMAVERA 1997

ESPECIFICACIONES . .

Nº. ECONOMICO. _____

MARCA. _____	MODELO. _____	Nº SERIE. _____	
		MOTOR. - MARCA. _____ MODELO. _____	Nº SERIE. _____
MUELLES. . .		BOMBA COMBUSTIBLE. - MARCA. _____ MODELO. _____	
RADIADOR. . .		ARRANCADOR. . .	
EMBRAGUE. . .		REGULADOR. . .	
TRANSMISION PRINCIPAL. . .		ALTERNADOR. . .	BANDA Nº. . .
TRANSMISION AUXILIAR. . .		BOMBA AGUA. . .	BANDA Nº. . .
EJE DELANTERO. . .		COMPRESOR DE AIRE. . .	BANDA Nº. . .
EJE TRASERO		VENTILADOR. . .	BANDA Nº. . .
SISTEMA FRENOS. . .		ESPECIFICACIONES DE ACEITE. . .	
RUEDAS. . .		ACEITE MOTOR. . . Tipo. . .	
LLANTAS. . .		DIRECCION HIDRAULICA. . . Tipo. . .	
BATERIAS. . .		TRANSMISION. . . Tipo. . .	
TANQUES COMBUSTIBLE. . .		EJE POSTERIOR. . . Tipo. . .	
SUSPENSION. . .		COJINETE DE RUEDA. . . Tipo. . .	

	FECHA	HOROMETRO	FECHA	HOROMETRO	FECHA	HOROMETRO	FECHA	HOROMETRO	FECHA	HOROMETRO	FECHA	HOROMETRO
REVISION COMPLETA MOTOR												
REVISION PARCIAL MOTOR												
No 1 Culata												
No 2 Culata												
No 3 Culata												
Comisas y anillos												
Piston y anillos												
Biela												
Medidas, metales												
Bancada												
Medida metales												
Puesta a punto de cigueñal												
Balaceo de cigueñal												
Bomba de combustible												
Inyectores												
Bomba de agua												
Radiador												
Compresor de aire												
Arrancador e interruptores												
Generador /alternador												
Regulador												
Dirección												
SINFIN DE DIRECCION												
EJE FRONTAL												
Cambio de baleros												
Muelles												
EMBRAGUE												
Cambio de pasta												

REVISION PARCIAL DEL MOTOR				EJE POSTERIOR				LECTURA HOROMETRO			
Cambio culata											
Reemplazo inyectores											
Chequeo pistones y anillos											
Chequeo bielas y cojinetes principales											
Reemplazo bomba combustible											
Chequeo bomba agua											
Reemplazo generador											
Chequeo arrancador											
Chequeo compresor aire											
EMBRAGUE (Clutch)				SUSPENSION							
Cambio pasta				Soportes desgast y flojos							
Collarin											
TRANSMISION PRINCIPAL				CHASIS							
Cojinetes				Pernos y remaches flojos							
Eje sinfin y engranajes				Travesaños							
Controles de cambio				Alineamiento carroceria							
TRANSMISION AUXILIAR				FRENOS							
Cojinetes				Valv de freno y dafrag de freno							
Engranajes				Freno de emergencia							
Controles de cambio											
EJE FRONTAL				PUERTAS							
Reembocador				Puertas bisagras y cerrajo							
Alineamiento				Guardafango y soportes							
				Roturas y abolladuras							
				Pintura							

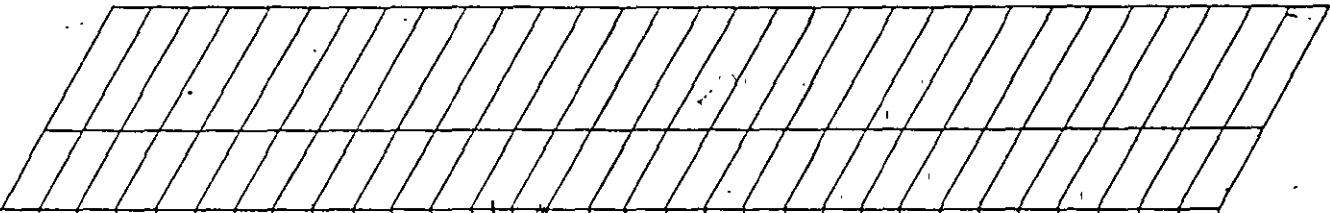
TARJETA SERVICIO LUBRICACION ..

CAMION No. _____

REVISION CADA _____ HRS ..

TARJETA No. _____

LECTURA HOROMETRO Y FECHA..



1	Lubricación chasis..
2	Checar aceite transmision..
3	Checar aceite diferencial..
4	Drenaje del agua del combustible..
5	Checar agua bateria..
6	Limpiair filtro aire motor..
7	Checar cualquier fuga..
8	Engrase de cojinete..
9	Cambio aceite motor..
10	Cambio aceite y filtros..
11	Lubricar cojinete ventilador..
12	Cambio filtro agua..
13	Cambio filtro combustible ..
14	Engrase de carroceria
15	Lubricación de control de cambios ..
16	Cambio aceite de transmisión ..
17	Cambio aceite de diferencial..
18	Poner a nivel aceite del sinfin..
19	Checar aceite dirección hidraulica..
20	
21	Revisar graseras..
22	Cambio filtro luber ..
23	Checar aceite hidraulica
24	Checar aceite hidraulica
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	Revisión mecanica..

No. EC: _____ ICO: _____

INSPECCION "A"

CADA 2000 HORAS DE TRABAJO.

	Horas..	Mec.	Horas	Mec	Horas	Mec.	Horas..	Mec.	Horas..	Mec..	Horas..	Mec..
Muelles delanteros..												
Pernos radiador..												
Manguera radiador..												
Banda de motor..												
Ventilador y soporte..												
Soportes de motor..												
Drenajes de filtros de combustible..												
Filtro compresor de aire..												
Sistema de induccion de aire..												
Conexiones de embrague..												
Suspension trasera..												
Ajuste freno y freno de motor..												
Controles cambio..												
Lubricacion automatica..												
Limpiar respiradero de motor..												
Limpiar respiradero del diferencial..												
Limpiar circuito de ..												
Checar instrumentos..												
Revisar turbo..												
Afinación..												
Revisión válvula ..												
Revisar direccidn..												
Revisar suspencion y camisas hules..												
Reapretar muelles												
Revisar yugos y crucetas..												
Reapretar chasis..												
Revisión sist. hidraulico ..												
Revisión sist hidraulico canalón..												
Revisión pailería..												
Revisión ..												

REGRESAR TARJETA AL ARCHIVO.

7

No. ECONOMICO. _____

INSPECCION "B"

CADA 4000 HORAS DE TRABAJO.

	Kilometraje	Mec.	Kilometraje	Mec.	Kilometraje	Mec.	Kilometraje	Mec.	Kilometraje	Mec.	Kilometraje	Mec.
Ajuste pernos delanteros en U.												
Control de dirección.												
Barra dirección, barra acoplamiento.												
Simfín de dirección.												
Eje frontal.												
Neumaticos delanteros desgaste.												
Cables y baterías.												
Sistema de escape.												
Capot.												
Reajustar seguro capot.												
Revisar soporte tanque.												
Reducción diferencial.												
Ajuste de pernos de ejes.												
Ajuste de pernos traseros en U.												
Revisión												
Cambiar cabezas (reconstruidas).												
Cambiar bomba de agua.												
Cambiar termostatos.												
Cambiar turbo.												
Cambiar entriador.												
Revisar Compresor.												
Revisar líneas de admisión												
Revisar filtro de aire.												
Revisar radiador.												
Revisar cortina.												
Revisar clutch.												
Revisar baleros caja vel.												
Revisar sist. hidraulico												
Revisar sist. hidraulico												
Revisar sist. hidraulico dirección.												

REGRESAR TARJETA AL ARCHIVO.

8.

No. ECONOMICO. _____

INSPECCION "C"

CADA 8000 HORAS DE TRABAJO.

	Kilometraje..	Mec..	Kilometraje..	Mec..	Kilometraje..	Mec..	Kilometraje..	Mec..	Kilometraje	Mec..	Kilometraje..	Mec
Baleros llantas delantera...												
Pines bocinas y brazo...												
Ajuste de inyectores y valvulas...												
Checar presión bomba combustible...												
Checar y ajustar regulador velocidad...												
Checar Ventilador...												
Checar frenos de motor...												
Carbones y cojinetes de generador...												
Ajuste de regulador de voltaje...												
Juntas universales...												
Lubricar cable de velocidad y tacometro...												
Bocinas de suspension posterior...												
Alineamiento eje posterior...												
Brazos estabilizadores de muelles posteriores...												
Embrague												
Travesaños y soportes...												
Frenos de emergencia...												
Cambiar transmisiones...												
Cambiar clutch...												
1/2 Overhaul motor (montado)...												

REGRESAR TARJETA AL ARCHIVO.

CONTROL DE TIEMPO DE TRABAJO..

Nº ECONOMICO.. _____

AÑO.. _____

AÑO.. _____

AÑO.. _____

AÑO.. _____

MES..	LECTURA.. HOROMETRO..		MES..	LECT.HOROMETRO..		MES..	LECT.HOROMETRO..		MES..	LECT.HOROMETRO..	
	15	30		15	30		15	30		15	30
ENE..											
FEB..											
MAR..											
ABR..											
MAY..											
JUN..											
JUL..											
AGO..											
SEP..											
OCT..											
NOV..											
DIC..											

//

REGISTRO DE COSTO DE LLANTA POR KILOMETRO..

ECONOMICO.. _____

Medida.. _____ Cantidad de cuerdas.. _____ Marca.. _____ Tipo.. _____

Comprada a.. _____ Factura No.. _____ Fecha.. _____

vehículo Núm.	Fecha al Comenzar..	Posición de la Llanta..	Fecha de Retiro..	Kilometraje Recorrido..	Causa de Reemplazo..	C O S T O S
					1	Costo Original.. \$ _____
					2	Costo de Reparaciones
					3	o Recubiertas..
					4	1 _____ \$ _____
					5	2 _____
					6	3 _____
					7	4 _____
					8	5 _____
					9	Costos Totales.. _____
					10	Kilometros.. _____
					(Vease Dorso)	Costo por Km.. _____

OBSERVACIONES.. _____

KENWORTH

MEXICANA S.A. de C.V.

ACCESORIOS

RELACION DE CLAVES POR MANO DE OBRA Y COSTO DE REPARACION

<u>CLAVES</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>HORA HOMBRE</u>
A - 1	Cambiar valvula estacionamiento	2.50
A - 2	" Hose-tenna ,mangueras y cable.....	3.00
A - 3	" Hojas limpia brizas y brazos.....	1.00
A - 4	" termostato del radiador	2.50
A - 5	" navajas limpiacristales	1.00
A - 6	" cable acelerador de mano.....	1.00
A - 7	" cable de 7 hilos	1.00
A - 8	" pirómetro y cable	1.50
A - 9	" cable velocímetro	1.00
A -10	" cable tacómetro	1.00
A -11	" velocímetro	1.00
A -12	" tacómetro	1.00
A -13	" Abanico interior cabina	1.50
A -14	" gobernador compresos aire	2.00
A -15	-Arreglar flotador tanque combustible	3.00
A -16	Cambiar liga maxi brake	1.00
A -17	Revisar velocímetro	1.00
A -18	Cambiar bandas ventilador	1.00
A -19	" bandas bomba de agua	1.00
A -20	" banda al alternador	1.00
A -21	" liga enfriador aceite	2.00
A -22	" filtros combustible	1.00
A -23	" Valvula frenos de pie W a. Bandix	4.00
A -24	" valvula frenos de pie normal	2.00
A -25	Revisar fugas aire en tanques	1.00
A -26	" corneta de aire	1.00
A -27	" valvula del remolque	1.00
A -28	" motor limpia brizas	1.50
A -29	" fugas aire en transmision	1.00
A -30	" fugas aire en valvulas transmision	2.00
A -31	" control aire acondicionado	1.00
A -32	" pirómetro	1.00

Junio de 1975

TELEX 017-7353

NORTE 35 NR 030 CIO. RTE 134 COL. INDUSTRIAL VALLEJO TEL. 507-10-00
MEXICO 16, D. F.

14

KENWORTH

MEXICANA S.A. de C.V.

Fabricación Nacional

CARROCERIA (NUM.2)

<u>CLAVE</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>HORA HOMER3</u>
C -42	Enderezar defensa delantera	5.00
C -43	Ajustar puertas cabina	2.00
C -44	Reparación general de la unidad cuando no -- haya que tocar el motor (accidentada)	385.00 ✓
C -45	Cambiar cristal a puerta lateral cabina	1.50
C -46	reparar elevador de cristal	4.00
C -47	cambiar piso trasero de cabina	3.00
C -48	reparar bisagras puerta caseta operador c/u .	4.00
C -49	ajustar soportes caseta operador c/u	1.00
C -50	instalar radio con una bocina	3.00
C -51	colocar codo escape en terminación tubo recto	2.00
C -52	alinear cofre	5.00
C -53	reparar salpicadera con fibra de vidrio	7.00
C -54	revisar tornillos a los tensores c/u	1.00
C -55	revisar parabrisas p/motorselo agua	4.00
C -56	poner malla a ventilador cabina	1.00
C -57	cambiar hules a cierre cofre	1.00
C -58	poner hule a base palanca velocidades	2.00
C -59	poner tapá a caja baterías	1.00
C -60	recortar tubo escape p/instalar silenciador.	1.50
C -61	revisar asiento operador	1.00
C -62	corregir posición palanca velocidades	1.00
C -63	cambiar cortina del dormitorio	1.00
C -64	reparar (1) patin remolque	7.00
C -65	revisar goteras a cabina operador	3.00
C -66	revisar cajuela guantes filtración agua	1.00
C -67	fijar bicera cabina	1.00

Junio de 1975

TELEX 017-7558

NORTE 25 N° 930 ESO. PTE. 134 COL. INDUSTRIAL VALLEJO • TEL. 587-0000
MEXICO 16, D. F.

KENWORTH

III MEXICANA S.A. de C.V.

Fabricación Nacional

REPARACION MECANICA GENERAL

RELACION DE CLAVES POR MANO DE OERA Y COSTO DE REPARACION

<u>CLAVE</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>HORA HOMER</u>
M - 1	Cambiar tornillos soporte de motor	5.00
M - 2	Reparacion de clutch (quitarlo y ponerlo)	8.00
M - 3	Cambiar reten delantero de transmision	8.00
M - 4	" reten trasero de transmision	3.00
M - 5	" panel radiador de 1400"	15.00
M - 6	" panel radiador de 990"	12.00
M - 7	" palanca control auxiliar	3.00
M - 8	" baleros a transmision Spicer 8516-3B	20.00
M - 9	" Baleros a transmision Fuller RTO-915	20.00
M - 10	" baleros a transmision SST-20 /////	24.00
M - 11	" baleros a transmision RTOF-12515	24.00
M - 12	" flecha cardan larga	2.00
M - 13	" flecha cardan entre ejes	2.50
M - 14	" tanque superior del radiador	5.00
M - 15	" empaques del radiador	7.00
M - 16	" cambiar cortina y valvula radiador	6.00
M - 17	" reten trasero del cigueñal	7.00
M - 18	" soportes del motor	4.00
M - 19	" tapa (juntas) punterias	4.00
M - 20	Instalar frenomotor Jacob's	10.00
M - 21	" maxibrakes	2.00
M - 22	" asiento de aire operador	4.00
M - 23	" abanico de motor	1.50
M - 24	" aire acondicionado c/compresor	20.00
M - 25	Ensamblar radiador e instalacion del mismo	25.00
M - 26	Reapretar tornillos del chasis	20.00
M - 27	Reparacion de clutch (ya quitado)	4.00
M - 28	Ajustar clutch	2.00
M - 29	Reparacion medio motor	50.00
M - 30	Cambiar torres de cambios transmision auxiliar ...	3.00
M - 31	" aceite al motor	2.00
M - 32	corregir fugas de aire en lieneas	2.00
M - 33	" vuelta direccion ambos lados	1.00
M - 34	Desmontar el motor y volverlo a poner	9.00
M - 35	Cambiar aceite a transmision	1.00
M - 36	" aceite a diferencial	1.00
M - 37	" liga a maxibrake	1.00
M - 38	Revisar valvula selectora transmision	2.00
M - 39	" valvula convertidora transmision	2.00
M - 40	Instalacion muelle transmision camiones otra marc.	5.00
M - 41	Revisar bulbo radiador y calibrar cortina	2.50
M - 42	Calibrar cortina radiador	1.00
M - 43	soldar diferenciales por fugas aceite	2.00

TELEX 017-7058

Junio de 1975

NORTE 35 Nº 230 ECO. PTE. 134 COL. INDUSTRIAL VALLEJO • TEL. 587-10-00

MEXICO 16. D. F.

18

KENWORTH

III MEXICANA S.A. de C.V.

Fabricación Nacional

REPARACION MECANICA GENERAL # 3

RELACION DE CLAVES POR MANO DE OBRA Y COSTO DE REPARACION

<u>CLAVE</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>HORA HOMERE</u>
M -86	Reparacion diferencial entre ejes	8.00
M -87	CUANDO SE HAGAN TRABAJOS NO ESPECIFICADOS Y QUE NO LLEVEN MUCHO TIEMPO POR SER AJUSTES O APRETIAR TORNILLOS, SE EMPLEARA ESTA CLEVE COBRANDO ADEMAS DEL <u>TIEMPO</u> OFICIAL UN 10 A 20% ADICIONAL.	

Junio de 1975

TELEX 017-7058

NORTE 35 NR 030 ESQ. PTE 134 COL. INDUSTRIAL VALLEJO TEL. 587-10-00

KENWORTH

MEXICANA S.A. de C.V.

Fabricación Nacional

PINTURA

RELACION DE CLAVES POR MANO DE OERA Y COSTO DE REPARACION

<u>CLAVE</u>		<u>DESCRIPCION</u>	<u>HORA HOMERE</u>
P - 1	Pintar	ruedas de acero c/u	0.50
P - 2	"	frente integral en dos tonos	8.00
P - 3	"	cabina convencional en dos tonos	9.00
P - 4	"	camarote en dos tonos	8.00
P - 5	"	chassis	10.00
P - 6	"	defensa en dos tonos	1.00
P - 7	"	interior de cabina	3.00
P - 8	"	antiderrapante de estribos	1.50
P - 9	"	general en un tono	35.00
P - 10	"	" en dos tonos	40.00

Junio de 1975

TELEX 017-7658

NORTE 35 N° 930 ESQ. PTE. 134 COL. INDUSTRIAL VALLE DE LA ESTRELLA

22