

43  
2Ej



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

EL PROCESO DE PLANEACION DE  
LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

## Tesis Profesional

Que para obtener el Título de

INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a

HECTOR MANUEL ENRIQUEZ ANDRADE

Director: Ing OSCAR DE BUEN RICHARDAY

México, D. F.

1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULO 1	
INTRODUCCION. NATURALEZA DEL TRANSPORTE.	1
CAPITULO 2	
PROCESO DE PLANEACION DEL TRANSPORTE.	15
CAPITULO 3	
TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y ESTUDIOS DE TRANSPORTE.	26
CAPITULO 4	
OBJETIVOS Y CRITERIOS DE EVALUACION.	42
CAPITULO 5	
ESTUDIOS DE TRANSPORTE ( GENERACION Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS ).	52
CAPITULO 6	
EVALUACION DE PROYECTOS.	105
CAPITULO 7	
EJECUCION DE PROYECTOS.	129
CAPITULO 8	
CONCLUSIONES.	136
BIBLIOGRAFIA.	141

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

El propósito de este capítulo consiste en describir los motivos por los que es conveniente y necesario utilizar un enfoque de sistemas para el análisis del transporte, así como de ilustrar la importancia del transporte en una sociedad moderna y los efectos potenciales de cambios en el sistema de transporte para las actividades y la estructura de la sociedad.

Existe un tipo de problemas difíciles de manejar, que pueden caracterizarse por su extensión, su gran tamaño, su complejidad, su diversidad, sus costos y su incertidumbre. El tamaño se refiere a la magnitud del problema; la complejidad se refiere al número de partes en que el problema debe dividirse para estudiarse con propiedad y las relaciones entre ellas; la diversidad son las diferentes características de las partes en que el problema se divide; los costos son los gastos necesarios para estudiar y resolver el problema; y la incertidumbre se refiere al hecho de que las condiciones futuras del problema no se conocen con exactitud.

Los ingenieros y planeadores han reconocido que el enfoque de sistemas es útil cuando se atacan este tipo de problemas. El enfoque de sistemas no es un método totalmente seguro ni se encuentra plenamente desarrollado, es solamente un conjunto de procedimientos, investigaciones y técnicas que han sido desarrolladas por los investigadores que han tenido que afrontar este tipo de problemas. Este enfoque se ha vuelto suficientemente satisfactorio y completo, de manera que son percibidos factores importantes que antes no eran considerados. Actualmente se han obtenido más experiencias y el enfoque de sistemas se ha enriquecido y modificado de modo que cada vez más problemas pueden ser estudiados de una manera

más completa.

A la palabra sistema se le han dado diversas acepciones, y es frecuente su uso como sinónimo de procedimiento o rutina. En la ingeniería se le define de la manera siguiente:

" Sistema es un conjunto de objetos o actividades relacionados entre sí para formar un todo integrado y armónico para lograr un fin u objetivo común".

En general, los elementos que forman un sistema son los que se apuntan a continuación:

- i) **Objetos y Actividades:** Son las partes que constituyen al sistema: para los propósitos de un estudio en particular, son considerados como un todo y no se analizan en términos de su estructura y operación internas.
- ii) **Relaciones:** Son las formas en que se vinculan los objetos que pertenecen al sistema.
- iii) **Objetivo:** Es el propósito para el que sirve el sistema, es decir, es el motivo o la razón de la creación del sistema.
- iv) **Medio Ambiente:** Es el conjunto de sistemas, objetos y actividades que se hallan fuera del sistema en estudio, que lo afectan y que son afectados por él. El medio ambiente del sistema esta formado por todos los objetos que no forman parte del sistema pero que cumplen con la siguientes condiciones:
  - a) cualquier cambio en lo atributos de los objetos del sistema modifica los atributos de los objetos del medio ambiente.
  - b) cualquier cambio en el medio ambiente modifica los atributos de los objetos del sistema.

Un sistema debe estar limitado. Al analizar un problema, con frecuencia sucede que todos los elementos están interconectados de una forma o de otra;

sin embargo, si se quiere estudiar el problema de una manera efectiva, deben establecerse ciertos límites. Al definir el sistema y sus fronteras, es importante considerar el objetivo de estudio, el punto de vista del analista, así como las políticas y programas dentro de los que se engloba el estudio del sistema. En otras palabras, el sistema debe limitarse, tratando de incluir todas las partes y actividades que están relacionadas con lo que el analista desea saber.

Por lo común, los sistemas se nombran según su objetivo. Así, se tienen sistemas de gobierno, sistemas de comunicación, sistemas de producción, sistemas sociales, sistemas de transporte, etc. En el caso específico de este último, si se le entiende como aquel que está constituido para permitir la movilización y/o traslado de bienes o personas, se puede decir, que el sistema de transporte es el conjunto de objetos y actividades cuyo objetivo es el de mover una mayor cantidad de bienes y personas, más económicamente, más eficientemente y de una manera más cómoda y segura.

En general, se identifican los siguientes componentes de un sistema de transporte:

- i) Objeto a moverse, que puede ser carga de muy diversos tipos o pasajeros.
- ii) Ruta o tramo, a lo largo del que se mueve el objeto.
- iii) Vehículo en el que se mueve el objeto a lo largo de la ruta. El vehículo tiene medios de propulsión propia y al mismo tiempo sirve para proteger al objeto.
- iv) Contenedores que son recipientes dentro de los que se coloca el objeto a ser trasladado para facilitar su movimiento. El contenedor se diferencia del vehículo en que no tiene medios de propulsión propia. Por ello debe colocarse dentro de un vehículo, lo que lo hace formar parte de él.
- v) Red de transporte que es el conjunto de arcos e intersecciones que posibilitan la comunicación entre múltiples zonas de origen y múltiples de destino. El arco se define como una ruta que el flujo vehicular está obligado a

seguir.

- vi) Terminales que son los centros en los que el tráfico cambia de un vehículo a otro, o bien de un contenedor a otro.
- vii) Plan de Operaciones que es el documento en el que se especifica la forma de combinar los medios a disposición del operador para lograr proveer un servicio de transporte con la eficiencia y la efectividad deseadas.

Los problemas del sistema de transporte pueden estudiarse mejor, más completamente a través de un enfoque de sistemas. Las razones de ello son tanto internas como externas al sistema de transporte.

Las razones externas al sistema son:

- i) El transporte es un sector "horizontal" de la economía nacional de cualquier país, lo que implica que se relaciona prácticamente con todos los sectores de la economía, cuyo desarrollo no sería posible sin el transporte.
- ii) El transporte consume recursos provenientes de otros sectores económicos; como son: los recursos energéticos, los productos de la industria metal-mecánica y de la industria de la construcción.
- iii) El transporte tiene variadísimos efectos de tipo económico, social, político, ambiental, y regional.

Las razones internas son:

- i) El sistema de transporte está compuesto por varios subsistemas relacionados entre sí: sistema carretero, sistema portuario, etc.
- ii) Dentro del sistema ocurren relaciones de complementareidad, es decir, un medio de transporte complementa a otro; o de competencia, es decir, un medio de transporte sustituye a otro.
- iii) Todo planteamiento de cambio en el sistema de transporte involucra y/o afecta a grupos sociales con intereses distintos: operadores, usuarios y público en general, es decir, no usuarios ni operadores.

El sistema de transporte esta formado por diversos subsistemas, también llamados subsectores, que comprenden al transporte marítimo, al transporte aéreo, al transporte ferroviario, al transporte carretero y al transporte por ductos; y además se identifica un subsistema de transporte urbano. En todos los casos - los subsistemas enumerados pueden idealizarse tanto para el transporte de carga como para el de pasajeros.

El transporte constituye uno de los subsectores de mayor importancia en toda sociedad industrial moderna, y desempeñan un destacado papel en todos los aspectos de la producción, la distribución y el consumo de productos. La importancia del transporte para la sociedad y los efectos potenciales de sus cambios para las actividades humanas y la estructura social se relaciona con las funciones y los efectos del transporte dentro de la sociedad. Las funciones y efectos del transporte son de carácter económico, político, social y ambiental.

### 1.1 Función Económica.

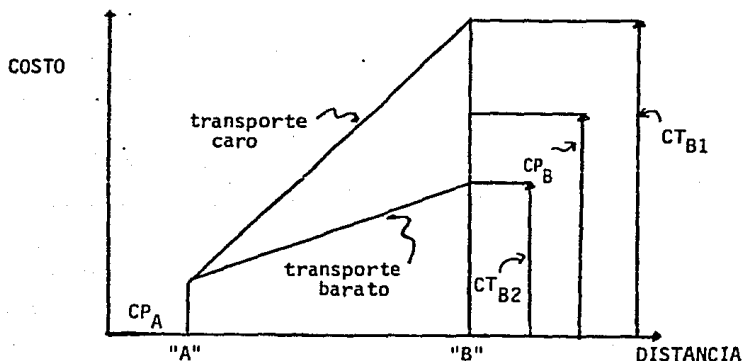
La economía se ocupa principalmente de la producción, distribución y consumo de bienes, y como ya se dijo, el transporte desempeña una función importante en el desarrollo de esas actividades. Ello se debe a la desigualdad geográfica en la dotación de los recursos naturales, que obliga a que para satisfacer las necesidades o para producir ciertos bienes, se requiera la movilización de productos (materias primas y/o productos terminados) hasta el punto donde habrán de ser utilizados o consumidos.

El transporte apoya el desarrollo de los procesos de producción, distribución y consumo de bienes dándoles utilidad en el tiempo, en el espacio y en calidad a los bienes y a las personas que mueve. Por ejemplo, una tonelada de mineral de hierro en una mina no es útil para una planta siderúrgica, pero si lo es cuando está disponible en sus instalaciones. Al transportar la materia prima - (mineral de hierro) desde la mina hasta la fábrica, ésta adquiere mayor utilidad



en el espacio, al estar disponible en planta; en el tiempo, al estar disponible cuando se requiere; y en calidad, al estar disponible con las características necesarias para cumplir con los requerimientos del proceso de fabricación.

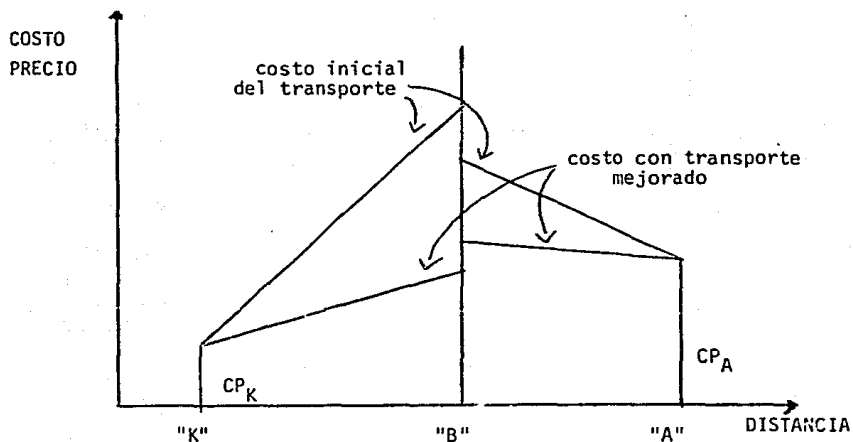
El transporte posibilita la especialización regional de la producción al reducir los costos de transporte y permitir colocar los productos en el mercado a un precio accesible para los consumidores. Por ejemplo, si el costo de producir un bien determinado en la localidad "A" es  $CP_A$  y el costo para producirlo en la localidad "B" es  $CP_B$  superior a  $CP_A$ , en ausencia del transporte habrá autoconsumo. Si existe un sistema de transporte poco eficiente entre "A" y "B", los costos de traslado serán elevados, de tal forma que el costo al consumidor en "B" del producto fabricado en "A" será  $CT_{B1}$ , superior a  $CP_B$ , (ver figura), lo que implica que el producto de "A" no será comprado en "B".



Sin embargo, si el sistema de transporte mejora por cambios en la infraestructura, los equipos o la operación, entonces los costos de transporte podrían abatirse, lo que propiciaría que la producción de "A" pudiera venderse a un precio  $CT_{B2}$  en la localidad "B". Como este precio es inferior a  $CP_B$ , entonces el consumidor de "B" adquirirá el producto fabricado en "A", lo que daría lugar a un

proceso de espacialización regional en "A" para producir una mayor cantidad de ese producto, mientras que en "B" se tendría que buscar la forma de volver a hacer competitivo su producto o bien especializarse en otra rama de la producción para la que "B" fuera competitiva.

Los cambios en el sistema de transporte pueden provocar cambios en la localización espacial de las actividades, y con ello desencadenar procesos importantes de cambio social, al volver competitivo un producto dentro de un mercado en el que no lo era previamente ( véase la figura ).



Cuando los costos del transporte del producto en cuestión son elevados, el consumo en la localidad "B" se satisface con los productos provenientes de "A". Este sitio, a pesar de tener costos de producción más elevados que los de su competidor potencial, la localidad "K", al estar más próximo a "B" tiene menores costos de transporte que se traducen en que el costo total de su producto sea menor que el de "K". Sin embargo, al introducirse una mejora en el transporte que

permita abatir sus costos, entonces el factor distancia ya no tiene una importancia tan considerable. Así, el consumo en "B" se atendería ahora mediante la producción proveniente de "K", puesto que ésta resultaría más barata que la de "A". Independientemente de los efectos económicos que tendría el desplazamiento de la producción de "A" a "K", este proceso estaría acompañado de cambios sociopolíticos y regionales que deben preverse y tomarse en cuenta de alguna manera.

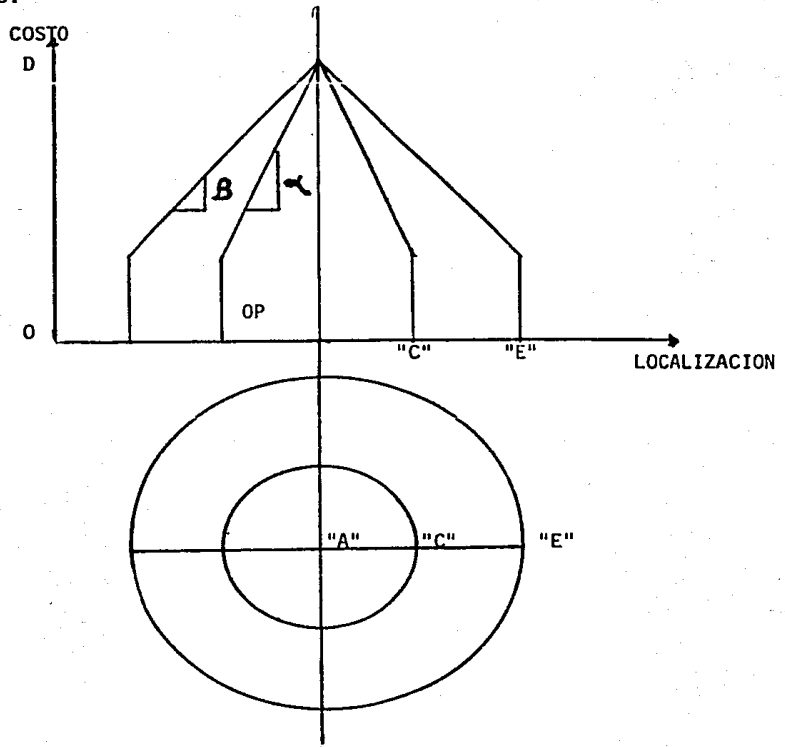
Para resumir, puede decirse que el transporte amplía el número de fuentes de abastecimiento de un bien a ser consumido en una zona dada, lo que posibilita el uso de las fuentes más baratas o de mayor calidad. Además, el transporte permite disponer de bienes que no se producen localmente. Por otro lado, el uso de fuentes de abastecimiento más eficientes posibilita la especialización regional, lo que aumenta el número total de bienes disponibles para consumo. Otro efecto es el de posibilitar economías de escala en la producción. Por último, la diversificación de las fuentes de abastecimiento permite sustituir o complementar a las fuentes usuales, lo que resulta más valioso en casos de emergencia.

### 1.2 Función Social.

Originalmente el hombre era nómada. No tenía un lugar fijo donde vivir, por lo que se trasladaba de un sitio a otro para poder sostenerse buscando los materiales básicos para vivir. Cuando empezó a dominar la agricultura y la ganadería, y cuando pudo transportar y almacenar alimentos y combustibles con facilidad se convirtió en sedentario, lo que dio origen a los primeros asentamientos.

Las primeras comunidades fueron pequeñas por necesidad, ya que el territorio circundante del que se podían obtener alimentos y materiales era muy limitado. Al aumentar la población y mejorar el transporte fue posible abastecer a las comunidades con productos provenientes de sitios más lejanos. Este fenómeno se ilustra gráficamente en la figura de la página siguiente. Si el precio máxi-

mo que se puede pagar por un producto determinado en la localidad "A" es OD, entonces solo podrán abastecer a la localidad "A" aquellos puntos en los que la suma de su costo de producción OP y su costo de transporte sea tal que permitan que el costo total del producto en "A" sea inferior a OD. Si el costo unitario de transporte de un producto en "C" es  $\alpha$  por ton-km., puede observarse en la figura que el sitio más alejado que puede abastecer a "A" es "C", a un costo menor o igual que OD.



Sin embargo, si el costo del transporte se reduce a  $\beta$  por ton-km. la distancia máxima de abastecimiento se alargará hasta el punto "E" lo que signifi

ca que el área de posibles abastecimientos también aumenta en una proporción significativa. Si se supone que AC y AE son los radios de regiones de productividad uniforme, entonces el mejoramiento del transporte se traduce en un aumento muy sustancial del área de abastecimiento. Por ejemplo, si la tarifa o el costo se abate a la mitad, el área de abastecimiento se cuadruplica.

El tamaño de las ciudades no solo depende de sus posibilidades de abastecimiento, sino también del movimiento de personas y bienes dentro de ellas. En este sentido, es claro que la evolución tecnológica del transporte ha tenido un efecto significativo en la configuración y la magnitud de las urbes modernas.

La facilidad de movilización dentro de las áreas urbanas ha acarreado diversos efectos sociales adicionales. Entre los positivos destacan la amplitud de posibilidades de elección del lugar de residencia y el impulso a la descentralización de la vida urbana. Entre los negativos, los más relevantes son el abandono de las zonas centrales de las ciudades y sus consiguientes efectos financieros y la disgregación social provocada por el aislamiento natural del usuario del automóvil.

El transporte interurbano propicia la actividad cultural mediante el intercambio de ideas entre las regiones y fomentando la formación de una identidad nacional, pues gracias al desarrollo tecnológico del transporte, se ha permitido integrar a la vida nacional regiones apartadas o de difícil acceso. Ello se debe en gran parte al desarrollo de la aviación, que ha vuelto posible el traslado rápido de personas a sitios distantes ya sea para realizar actividades de negocios o turísticas. De igual forma, el mejoramiento de las comunicaciones por vía terrestre proporciona al usuario la posibilidad de hacer viajes de longitudes y a sitios tales que no hubieran sido posible hace algunas décadas.

En resumen, la evolución tecnológica del transporte, que ha resultado en incrementos en la velocidad de traslado y abatimiento de costos, ha diversificado la distribución espacial de las actividades humanas. La migración de los

medios rurales a los urbanos, así como la creciente dispersión de los habitantes de las ciudades, son fenómenos que en parte se deben al transporte, y a las elecciones racionales que éste hace posibles. Ello tiene efectos generalmente positivos, aunque en ocasiones acarrea consecuencias que no son deseables.

### 1.3 Función Política

Dentro de las funciones que desempeña un sistema de transporte, la función política dependerá en gran medida de las características de la sociedad a la que sirve. La decisión respecto a la forma que adopta un sistema de transporte es política por necesidad, ya que se relaciona en forma estrecha con asuntos económicos y sociales. El sistema de transporte de un país en general influye en, y es influido por, el régimen de gobierno existente. Un sistema de transporte puede desempeñar funciones de comunicación, militares, para el movimiento de personas o para el traslado de mercancías, y la forma que adopte dependerá de los requerimientos que se le impongan.

Entre las funciones políticas del transporte se observa que facilita la función de gobierno por parte de una autoridad central y promueve la aplicación uniforme de la ley y de la justicia. El transporte apoya el desarrollo de actividades militares, a grado tal que éstas motivan su desarrollo en algunos casos, como el desarrollo del ferrocarril en México durante la época del Porfiriato y la consecuente pacificación del país. El transporte expresa en el territorio el proyecto político de una nación. En este sentido, una red radial de ferrocarriles o carreteras expresa una tendencia al centralismo.

El financiamiento del transporte también implica juicios políticos. Dados los elevados costos del desarrollo de instalaciones y tecnologías para el transporte, es importante analizar la proveniencia de los fondos utilizados para esos propósitos. A pesar de que en el pasado, y en algunos países todavía hoy en día, se han ensayado diversas fórmulas para el financiamiento del trans-

porte, en la actualidad lo común es que ese financiamiento recaiga, al menos en parte, en los usuarios del sistema. Para justificar un mecanismo como ese se utiliza el argumento de que quienes deben pagar por la construcción y el mantenimiento de infraestructura y equipos existentes son aquellos que se benefician al usarlos. Obviamente, este principio de financiamiento no se puede utilizar en todas las ocasiones, ya que existen casos en los que la construcción y el mantenimiento de infraestructura obedece no solo a consideraciones económicas, sino también de control político, militar, o de desarrollo e incorporación de nuevas zonas productivas a la economía de un país.

En resumen, el transporte tiene dos funciones políticas fundamentales; la primera, que ejerce junto con las comunicaciones, facilita la función de gobierno por parte de una autoridad central, permite el desarrollo de actividades militares y con éstas el control y conservación del poder y promueve la aplicación uniforme de la ley y la justicia. Por otro lado, la cantidad de tecnologías de transporte disponibles, aunadas a la complejidad de opciones que hace posible, implica decisiones políticas que deben adoptarse en el seno de cada sociedad.

#### 1.4 Efectos ambientales

En el desarrollo de las actividades del transporte se consumen recursos escasos, cuyo uso se refleja en el costo económico de la actividad. Además, el transporte también acarrea actividades paralelas que provocan efectos en el medio ambiente, y que resulta difícil cuantificarlos en términos de costos monetarios. Los ejemplos más relevantes son los efectos del transporte en la contaminación ambiental, el consumo de energéticos, el uso de terrenos y su efecto estético, así como en la seguridad.

El transporte contribuye en forma importante a la contaminación ambiental, en particular en zonas urbanas. Los efectos más importantes son la emisión de partículas y gases nocivos para la salud, procedentes de los motores de combustión

tión interna, el ruido provocado por la circulación de los vehículos, la transmisión de vibraciones en lugares cercanos al derecho de vía y la contaminación del agua en ríos, mares y lagos por el paso de buques.

El transporte depende casi por completo de los combustibles derivados del petróleo. Con excepción del uso de la electricidad en algunos vehículos, ferrocarriles esencialmente, los demás medios de transporte dependen de la gasolina, el diesel, el combustible y los combustibles especiales para la aviación. Las crisis energéticas de los años setentas generaron una toma de conciencia referente al hecho de que el petróleo es un recurso energético no renovable, y de que cuanto pueda hacerse por consumirlo en forma más eficiente es deseable. Por ello, dentro del sector transporte se han promovido investigaciones, tecnologías y medidas operativas que reduzcan el consumo unitario de energéticos.

El consumo de terrenos del sector transporte es importante, y en ocasiones no deseable, ya que pueden afectarse zonas productivas o con altos valores para uso residencial.

Por último, un efecto del transporte que acarrea grandes preocupaciones a la sociedad es el de las pérdidas materiales y de vidas humanas a causa de accidentes de transporte. A pesar de que se toman medidas muy diversas para incrementar la seguridad del sistema vía capacitación y revisión periódica de operadores y equipo, mantenimiento de infraestructura, mejoras en dispositivos de seguridad, los accidentes no se han podido erradicar del sistema. Otro aspecto relacionado con la seguridad del transporte que preocupa cada vez más es el relacionado con la movilización de gases, líquidos y sustancias peligrosas para la salud.

En resumen, los efectos negativos del transporte son: la contaminación ambiental, el consumo de energéticos, el uso de terrenos y la seguridad. Puede decirse que estas son consecuencias del transporte, o el precio que se debe pagar por los beneficios del transporte. La sociedad debe reconocer que es posi-



ble la reducción de la magnitud de estos efectos nocivos, pero se requiere de un esfuerzo serio y continuado que debe estar dispuesta a afrontar si en verdad desea resolver este problema

#### CONCLUSIONES.

El transporte desempeña un papel vital en la sociedad. Dada su importancia, su complejidad, su extensión, su tamaño, y además que se relaciona prácticamente con todos los sectores de la economía de una nación es útil estudiar al transporte a través de un enfoque de sistemas.

La importancia del transporte dentro de una sociedad se relaciona con las funciones y efectos que desempeña dentro de la misma. Las funciones del transporte son el resultado de que las materias primas se encuentran alejadas de los sitios de producción o consumo, por lo que el transporte apoya el desarrollo de los procesos de producción, distribución y consumo de bienes dándoles utilidad en el tiempo, en el espacio y en calidad. El transporte posibilita la obtención de recursos de lugares alejados, permitiendo así asentamientos fijos y el crecimiento de las ciudades. Además, el transporte permite la actividad cultural, fomenta la identidad nacional y facilita la función de gobierno. Pero el transporte también acarrea efectos nocivos como son: la contaminación ambiental, el consumo de energéticos, el uso de terrenos y las pérdidas materiales y de vidas humanas.

## CAPITULO 2

### PROCESO DE PLANEACION DEL TRANSPORTE.

En este capítulo se presenta una breve explicación del proceso de planeación del transporte y de sus etapas básicas, las cuales servirán como marco para el desarrollo de los siguientes capítulos. Además se explica la distinción entre un enfoque de planeación a corto y otro a largo plazo.

Como se mostró en el capítulo anterior, el transporte tiene una importancia vital para el desarrollo de las actividades de una sociedad. Casi todo lo que hacemos depende en mayor o menor medida de la efectividad de los medios de transporte a nuestra disposición. Todas las actividades de una sociedad, ya sean económicas o recreativas, dependen del transporte, y en la medida en que éste se desarrolle y cumpla con su objetivo primordial, que es el de mover personas y bienes, esas actividades podrán satisfacerse mejor.

De hecho la necesidad de la planeación del transporte es evidente, porque el transporte provee oportunidades de movilización de bienes y personas y debe asegurarse que esta actividad se realice de una manera eficiente ahora y en el futuro. A lo largo del día y de la noche la gente realiza una serie de actividades que incluyen el trabajo, las compras y la recreación, y para llevar a cabo tales actividades desea o se ve obligado a recorrer ciertas distancias. Estas actividades se apoyan también en el transporte de productos manufacturados o materias primas a/o desde el lugar de venta o de producción. Además la planeación del desarrollo y mantenimiento del sistema de transporte es necesaria porque el transporte influye, en el largo plazo, en los patrones de crecimiento y desarrollo económico de una sociedad.

La planeación puede definirse como un proceso para entender el tipo de decisiones que deben tomarse para mejorar o mantener una determinada situación;

tomando en cuenta las oportunidades y limitaciones del futuro; identificando las consecuencias de cada alternativa en el corto y largo plazos; relacionando estas decisiones con el esquema de valores y objetivos de la sociedad; y presentando - esta información a los encargados de tomar las decisiones de una manera clara, comprensible y útil.

Un proceso de planeación de transporte debe integrar las diferentes - actividades de planeación que ocurren en la región que afecta y es afectada por el sistema de transporte. Deben considerarse en el proceso factores tales como: población, tasa de crecimiento económico, consideraciones sobre ambiente y energía y disponibilidad de recursos técnicos y financieros. Además, la planeación de los usos del suelo, del empleo, de la educación, debe estar relacionada con los medios de transporte.

Frecuentemente suelen usarse indistintamente los conceptos de planeación, plan, programa, y proyecto; pero existen diferencias entre ellos: La planeación se entiende como un proceso continuo, permanente, interdisciplinario, abierto que consiste en realizar un análisis sistemático y documentado previo al mejoramiento de una determinada situación y que sirve para orientar nuestras acciones en el corto y largo plazos.

Un plan de desarrollo económico se concibe como un conjunto de acciones destinadas a permitir a la economía de un país o de una región alcanzar a lo largo de un cierto tiempo sus objetivos específicos de crecimiento y desarrollo.

Los planes de desarrollo económico contienen a los programas de inversión, estos programas constituyen un conjunto coordinado de acciones a emprender a fin de activar la producción potencial del sector económico de interés, contribuyendo así a cumplir los objetivos del plan. Cada acción contenida en un programa es un proyecto específico de inversión. Los programas son instrumentos para pasar del análisis a la acción, y como tales son decisivos para orientar la actividad de gobierno en un rumbo dado. Los programas indican qué proyectos llevar a cabo, con qué recursos y en qué momento. El proyecto como unidad mínima de in-

versión, es el componente primordial de todo programa. De hecho, un programa no es más que una agregación de proyectos, por lo general de carácter similar.

El proceso de planeación del transporte se concibe como un todo compuesto por las siguientes partes:

- 1) Diagnóstico y formulación de la problemática.
- 2) Formulación de objetivos y criterios de evaluación.
- 3) Generación de alternativas.
  - a) Estudios básicos.
  - b) Estudios de gran visión.
  - c) Estudios de factibilidad.
- 4) Evaluación de alternativas.
- 5) Selección de alternativas.
- 6) Implantación y seguimiento técnico.

### 2.1 Diagnóstico y formulación de la problemática.

Esta etapa consiste en conocer el sistema objeto de análisis, en identificar los subsistemas que lo componen, las relaciones entre ellos y en cuantificar sus respectivas magnitudes. El diagnóstico incluye el análisis del contexto institucional, social y político dentro del que funciona el sistema, y culmina con la enumeración de los factores que alientan y desalientan el desarrollo del sistema, así como en la formulación de sus problemas más relevantes.

En el contexto de los sistemas de transporte, para conocer el estado actual del sistema deben emprenderse los estudios necesarios a fin de conocer principalmente ¿Cuál es la demanda actual de viajes? ¿Cuál ha sido el comportamiento de la demanda en el pasado? ¿Cuál será la demanda futura de viajes? ¿actualmente, esa demanda se encuentra satisfecha? si no, ¿cuáles son los motivos por los que no? Para contestar estas preguntas generalmente se desarrolla un base o banco de datos para evaluar las condiciones actuales de demanda de transporte y los

requerimientos futuros. Esta tarea es casi siempre la que lleva más tiempo, la más cara y la más difícil del proceso de planeación.

## 2.2 Formulación de objetivos y criterios de evaluación.

Esta etapa comprende el análisis de objetivos mayores, de escala nacional, y su adaptación al sistema. En ella se identifica la jerarquía de los objetivos y se estudian sus vinculaciones y se proponen y examinan criterios de evaluación representativos de los objetivos. Estos criterios permiten medir el grado en que se alcanzan los objetivos. En general, esta etapa consiste en definir la imagen objetivo del sistema ( definir lo que se desea hacer ) analizando las características y condiciones actuales del sistema para identificar cuáles de ellas se desean cambiar o mejorar o qué nivel de funcionamiento se busca alcanzar.

## 2.3 Generación y análisis de alternativas.

Consiste en identificar las características y restricciones del tipo de solución deseado, para proponer alternativas factibles y generar la información suficiente para estudiarlas a fondo. Comprende los estudios siguientes:

### a) Estudios básicos.

Esta fase incluye la recopilación de antecedentes y el análisis detallado de las características de un problema determinado, usualmente con la idea de despejar incógnitas implícitas en la situación

La fase de diagnóstico culmina con la formulación de los problemas más relevantes de cada subsistema. Sin embargo, el paso de la identificación del problema a la proposición de alternativas ( proyectos ) no es inmediato a causa del conocimiento incompleta de la situación. El estudio básico está encaminado a profundizar aún más en la problemática existente.

Los estudios básicos por lo general se efectúan a nivel subsectorial y se desarrollan desde distintos puntos de vista: técnico, económico, financiero, social y político. Los estudios técnicos, también llamados de ingeniería básica,

contribuyen a despejar los factores más importantes de la parte técnica del diseño. Los estudios económicos se orientan a la cuantificación preliminar de los costos. Los estudios sociopolíticos se refieren a la identificación de los intereses de los grupos participantes o afectados por el proyecto.

#### b) Estudios de gran visión.

Aquí se desarrollan estudios exhaustivos en cuanto a cobertura, suficientes para proporcionar una primera idea de la justificación, localización, tipo y oportunidad de los proyectos individuales. La naturaleza de estos estudios depende del sistema analizado, de las condiciones que lo rodean y, en general, de variables tanto externas como internas, y su objeto fundamental es el de definir las características generales que deberá reunir el sistema analizado a mediano y largo plazo.

Los estudios de gran visión se dividen en dos partes: una de previsión de demandas, que permite cuantificar la demanda en cada elemento componente del sistema. La otra parte consiste en prever los niveles de la inversión disponibles y en definir las características técnicas deseables para el sistema. El producto final es un conjunto de programas de inversión en los que se especifica el lugar en el que habrá de ejecutarse cada proyecto, el tipo de obra por realizar, el costo aproximado de su implantación y el año óptimo de puesta en operación.

#### c) Estudios de factibilidad

Como se apuntó, el estudio de gran visión proporciona una orientación importante respecto al tipo de proyecto por realizar, su tiempo óptimo de puesta en operación y su costo aproximado. Pero todavía es muy general, por lo que se requiere de un estudio más detallado de cada proyecto para aclarar la conveniencia o no de llevarlo a cabo. En virtud de que la factibilidad de un proyecto está dada por cuestiones técnicas, económicas, financieras, sociales y políticas, el estudio correspondiente debe analizar todas esas consideraciones. Por lo que se refiere a la factibilidad técnica, un proyecto técnicamente factible

es aquel que da lugar al producto previsto una vez que se halla en operación. Un proyecto económicamente factible contempla acciones y obras que, al realizarse, conducen a beneficios congruentes con la finalidad del proyecto y que son de magnitud no menor que la de sus respectivos costos. La factibilidad financiera del proyecto se asegura cuando es posible conseguir fondos para la operación y el funcionamiento posterior del proyecto. Un proyecto factible desde el punto de vista social es aquel que genera un respuesta favorable por parte de sus usuarios potenciales, y la factibilidad política se tiene al verificar que las actitudes de los grupos políticos afectados por el proyecto son favorables a él.

#### 2.4 Evaluación de alternativas.

El proceso de evaluación de los planes de transporte es un proceso para juzgar la eficiencia de las alternativas de inversión, políticas o cursos de acción de una manera que responda a las necesidades públicas y de desarrollo.

Una vez definido el conjunto de alternativas por analizar en detalle, es preciso cuantificar los costos de inversión asociados con cada una de ellas, para lo que se requieren datos precisos respecto a la magnitud del proyecto, a su trazo, características geométricas y especificaciones técnicas y constructivas de la obra.

Todo proyecto se emprende para lograr los beneficios asociados a su operación, y en teoría solo se ejecutará si sus beneficios a lo largo de su vida útil son superiores a sus costos de construcción y mantenimiento. El beneficio de un proyecto se obtiene comparando la situación sin proyecto con otra en la que se supone que el proyecto ya se ha implantado.

Así, en la etapa de evaluación, hay que realizar un análisis detallado del grado en que cada alternativa satisface los objetivos y las metas que dan origen a su planteamiento. Se establece un proceso de medición basado en criterios de evaluación, mediante el cual es posible comparar las diversas alternati-

vas.

### 2.5 Selección de alternativas.

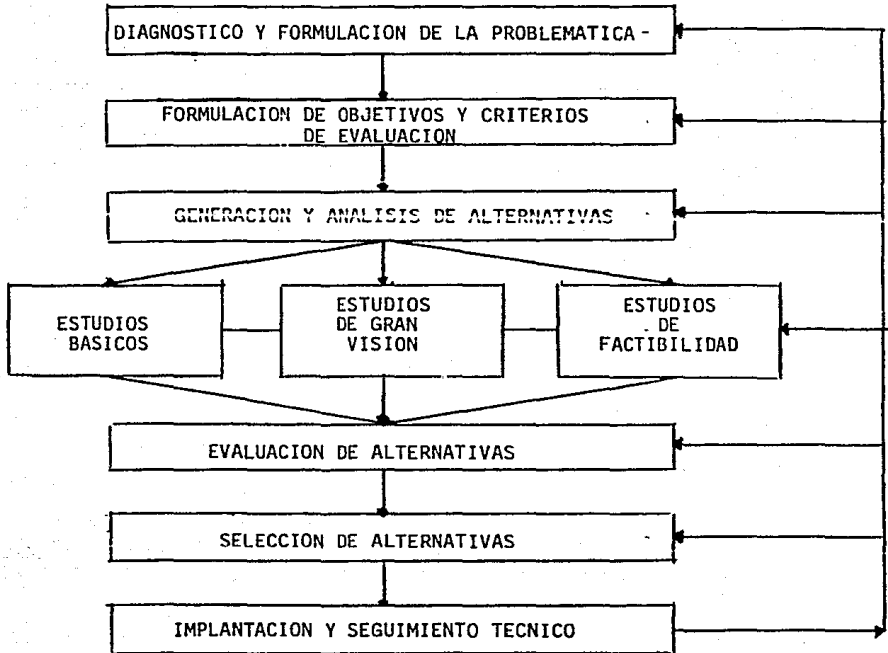
Una vez terminada la etapa de evaluación de las alternativas y habiendo estudiado su factibilidad es necesario decidir cual alternativa implementar. "Decidir" consiste en elegir entre varias alternativas la que más cumpla con sus objetivos específicos. Dado que los recursos son limitados y existen prioridades, la etapa de decisión siempre conduce a una atmósfera de conflicto entre las partes que intervienen en la decisión. Generalmente la toma de decisiones no es responsabilidad del técnico, pero éste debe saber ubicar su papel dentro del proceso de decisiones. Ello lo llevará a ser más efectivo en la presentación de su trabajo, con lo cual éste podrá tener un mayor impacto en las soluciones adoptadas.

### 2.6 Implantación y seguimiento técnico.

Para cerrar el ciclo de la planeación hay que efectuar las actividades que aseguren que la alternativa elegida pueda ser implantada. Estas actividades incluyen: la preparación del anteproyecto; una vez que se ha elegido la alternativa más económica o la de mayor beneficio social se elabora el anteproyecto que es sujeto de modificaciones posteriores. La preparación del proyecto final, la documentación para concursos y la elaboración de contratos. La construcción o ejecución física del proyecto, la operación o puesta en marcha del proyecto y las acciones necesarias para asegurar que la obra se mantendrá en operación durante su vida útil. La recopilación y el análisis permanente de datos que reflejen el comportamiento físico y financiero de los proyectos, así como la elaboración de reportes y corrección de desviaciones. Esta fase retroalimenta a todas las anteriores.



El proceso completo de la planeación puede verse ilustrado en la siguiente figura:



Las consecuencias de la implantación de un proyecto son algunas inmediatas y otras aparecen con el tiempo. Además, ciertos problemas requieren acciones inmediatas para corregirlos o evitar que se presenten; otro tipo de problemas - sólo se espera que aparezcan en el futuro, pero es necesario desde ahora planear

los procedimientos para afrontarlos cuando se presenten. Es por estos motivos que es conveniente la integración de un proceso de planeación a corto y largo - plazos. A pesar de que ambos enfoques atacan los problemas de planeación en una región determinada existen diferencias significativas entre ambos. Estas diferencias no solo se refieren a los tipos de proyectos considerados, sino también al método de análisis considerado, los objetivos buscados, y a los actores envueltos en el proceso. En general, las diferencias principales entre los dos enfoques son:

LARGO PLAZO

- Estratégico
- Pocas alternativas
- Demanda relativamente fija
- Acciones del sector público
- Altos costos de inversión

CORTO PLAZO

- Operativo, táctico
- Muchas alternativas
- Demanda susceptible de modificarse
- Acciones del sector público y privado
- Bajos costos de inversión

Una de las características interesantes del proceso de planeación a - corto plazo es la introducción de simplificaciones técnicas y la flexibilidad - institucional. La gama de los problemas que las acciones a corto plazo supuestamente resuelven es tan amplia que deben estar implícitas las interacciones entre los diferentes tipos de impactos, entre los usuarios y no usuarios del sis tema de transporte y sobre zonas geográficas y tipo de personas afectadas. Un enfoque regional basado en programas locales, es decir, un enfoque de la planeación que abarque solo una parte del territorio nacional, es un componente importante en la planeación regional, porque es sólo a través de acciones coordinadas que pueden ser desarrolladas estrategias efectivas de transporte.

La planeación a largo plazo ha sido durante mucho tiempo la base de la planeación del transporte. El gran tiempo requerido para planear y desarrollar mejores instalaciones de transporte requiere que los planeadores miren hacia ade

lante y puedan ver con anticipación los problemas futuros, de modo que la infraestructura de transporte propuesta o desarrollada pueda resolver los problemas cuando éstos se presenten. Debe asegurarse que los proyectos propuestos sean compatibles entre ellos, con los componentes existentes en el sistema y con las metas y objetivos de la comunidad.

El plan a largo plazo está diseñado para servir a este propósito. Debido a cambios en la política a seguir, tecnología y contracciones financieras, disposiciones de uso del suelo y otros factores que afectan al transporte, los planes a largo plazo están continuamente actualizándose y mejorándose para que puedan servir efectivamente como guía para el desarrollo.

Muchas de las políticas seguidas que influyen en la planeación a corto plazo, tienen también un impacto importante en la planeación a largo plazo. Pero, a pesar que el enfoque para resolver problemas de planeación a largo y corto plazos ( identificación del problema, generación de alternativas etc.) son similares, el proceso de planeación a largo plazo depende del pronóstico de la demanda futura de transporte y por eso se vuelve más complejo. Este pronóstico está basado en la relación entre los patrones de crecimiento, empleo y actividad socioeconómica de la zona. La exactitud de este pronóstico depende en gran parte de los modelos y métodos usados en el análisis del comportamiento del transporte.

No puede decirse que la planeación del transporte sea una ciencia exacta, desde el momento que se intentan aplicar relaciones matemáticas a la descripción de los desplazamientos de los individuos o de los bienes, cuyo recorrido no obedece a reglas que puedan ser expresadas matemáticamente. A pesar de todo, ciertas técnicas, siempre que sean utilizadas correctamente, pueden servirnos para establecer criterios cuantitativos susceptibles de ser aplicados a una serie de diferentes cursos de acción a seguir o a la evaluación de propuestas particulares sobre el transporte.

## CONCLUSIONES-

La planeación debe entenderse como un proceso continuo, permanente, interdisciplinario, abierto, que consiste en realizar un análisis sistemático, documentado, previo al mejoramiento de una determinada situación y que sirve para orientar nuestras acciones en el corto, mediano, y largo plazos. Las etapas de este proceso son: 1) Diagnóstico y formulación de la problemática; 2) Formulación de objetivos y criterios de evaluación; 3) Generación de alternativas; 3a) Estudios básicos; 3b) Estudios de gran visión; 3c) Estudios de factibilidad; 4) Evaluación de alternativas; 5) Selección de alternativas; y 6) Implantación y seguimiento técnico.

La importancia que desempeña el transporte en la sociedad moderna, y los impactos que éste tiene en el aspecto económico, político y social, obliga a que cada decisión que afecta al transporte sea el resultado del proceso de planeación. La planeación nos proporciona una guía de acción para atacar los problemas del transporte de una manera sistemática y completa.

Dado que los problemas requieren o no de una solución inmediata o que las consecuencias de un proyecto pueden presentarse con su implantación o mucho después es necesario un enfoque de planeación a corto, mediano y largo plazos. El enfoque temporal de la planeación a corto plazo es un enfoque operativo táctico, el de la planeación a largo plazo es un enfoque estratégico y el de la planeación a mediano plazo abarca un horizonte que establece el enlace entre los niveles operativo y estratégico de la planeación

## CAPITULO 3

TECNICAS DE DIAGNOSTICO Y ESTUDIOS DE TRANSPORTE.

En este capítulo se discute la necesidad de conocer las características esenciales del sistema en estudio, como una etapa básica para el desarrollo posterior de todo el proceso de planeación. También se presenta cuales son los tipos de datos más usados en la planeación del transporte y las técnicas utilizadas para obtener dicha información.

La etapa del diagnóstico consiste en definir, limitar y conocer el sistema de estudio, identificando lo más claramente posible los límites o fronteras del sistema para poder identificar su magnitud, qué queda dentro y qué queda fuera del sistema, es decir, qué constituye al sistema y qué al medio ambiente para tratar de identificar las relaciones que lo afectan. Los objetos que atraviesan la frontera del sistema hacia su interior y afectan su organización y operación se conocen como las entradas ( inputs ) del sistema. Los que cruzan la frontera hacia el exterior son sus efectos ( outputs ). Se distinguen dos clases de efectos: los de operación ( performance ), que son aquellos que se encuentran directamente relacionados con los objetivos del sistema; por ejemplo la movilidad en los sistemas de transporte; y los concomitantes, que son los que tienen que ver con la operación del sistema pero no están relacionados directamente con sus objetivos, por ejemplo la emisión de contaminantes. Además, durante la etapa de diagnóstico se procede a conocer los diferentes subsistemas que forman el sistema de estudio, identificando su magnitud, sus interacciones y su estructura. El grado de desagregación del sistema debe ser el estrictamente necesario para que quede lo mejor definido posible. Por último, se debe destacar muy claramente el papel que juega el sistema dentro de su medio ambiente, así como las características del mismo. Es decir, el diagnóstico incluye el análisis del contexto institucional, social, político y económico en el que se desarrollan las activi-

dades del sistema, para culminarlo con la identificación y formulación de sus deficiencias, de los factores que alientan o desalientan su desarrollo y de sus problemas más importantes. La etapa del diagnóstico no solo debe proporcionar información acerca de cuál es el sistema de estudio, cuál es su medio ambiente y cuál es la relación que existe entre ellos, además debe proporcionar información sobre la situación actual del sistema, es decir sobre su funcionamiento actual.

El transporte es el movimiento de bienes y personas de uno o varios destinos a uno o varios orígenes dentro de un área determinada. Este movimiento puede efectuarse de varias maneras, utilizando distintos recursos, y para diferentes motivos. Un viaje puede definirse como un desplazamiento de un origen a un destino para cumplir con cierto propósito en dicho destino. Dentro del sistema de transporte ocurren miles de estos viajes, y puede decirse que el sistema de transporte consiste en el conjunto de facilidades y servicios que permiten realizar estos viajes. Las características de los viajes y la relación que guarda el sistema con el medio ambiente son dos factores básicos para entender el transporte, ya que de muchas formas tienen que ver con su problemática. Estas características y relaciones son las siguientes:

- i). Distribución temporal de los viajes.
- ii) El tipo de viaje ( Motivo de viaje ).
- iii) La distribución modal de los viajes.
- iv) El impacto ambiental del transporte
- v) La relación entre el transporte y el uso del suelo.

i) Distribución temporal de los viajes.- Se refiere a la forma como varía la demanda de los usuarios del sistema con el tiempo. Se ha observado que la demanda de un cierto medio de transporte es mayor a ciertas horas y durante ciertos días. El congestionamiento denota la condición del sistema en que la

demanda excede a la capacidad.

- ii) Motivo de viaje.-Se refiere a las razones por las que un usuario debe efectuar un viaje, así se distinguen viajes de negocios, de compras, de placer, etc.
- iii) Distribución modal.- Se refiere a la selección efectuada por un usuario con relación a los diversos medios de transporte a su disposición. Una de las características del sistema de transporte interurbano en México es la preferencia por el autotransporte carretero, que cuenta con mejores facilidades de acceso, rapidez, confiabilidad y muchas veces economía que los demás medios de transporte a disposición del usuario.
- iv) Impacto ambiental.- Se refiere generalmente a los efectos concomitantes del transporte, por ejemplo, el impacto nocivo del transporte en la calidad del aire, el consumo excesivo de energéticos provenientes de fuentes no renovables, etc.
- v) Uso del suelo.- Se refiere a la relación entre las características de uso del suelo de una región y su capacidad para generar o atraer viajes. El desarrollo económico se ha dado a lo largo de las vías de comunicación porque el transporte es un factor básico para que la tierra pueda ser susceptible de un desarrollo económico y de integrarse a un proceso productivo a nivel nacional. Otra relación importante entre el transporte y el uso del suelo es que las facilidades de transporte ocupan tierras que pueden tener un gran valor económico, ya sea como zonas residenciales o como zonas de producción.

Como se dijo, para iniciar el proceso de planeación del transporte es necesario poseer información sobre las características y el funcionamiento del sistema. Esta información se obtiene a través de los estudios de transporte. Es decir, la base de la planeación del transporte es el conocer y establecer las condiciones actuales en las que se encuentra el sistema para poder predecir tendencias futuras y así estar en condiciones de adaptar las características de la oferta

ta para mejorar las condiciones de operación. Los estudios de transporte son los que permiten formar un banco de datos para conocer la condición actual del sistema.

En el proceso de planeación del transporte se da mucho énfasis a la recolección de datos para usarlos en la identificación de las condiciones actuales del sistema. Además, estos datos son necesarios para la aplicación y calibración de los modelos de predicción de viajes, para evaluar el rendimiento general del sistema y para medir el grado en que las metas y los objetivos de la sociedad se están cumpliendo.

Existen dos razones básicas para obtener esta información: primero, de terminar el origen y el destino de los usuarios, y segundo, para estimar el volumen de usuarios en el sistema. La información de los orígenes y destinos se usa para resolver problemas como la implantación de una nueva facilidad de transporte, como una nueva ruta aérea, y la información de los volúmenes de tráfico para determinar cuándo es necesario ampliar una instalación ya existente, como una carrretera.

Antes de hablar de los estudios de transporte y de las técnicas de recolección de datos, es necesario examinar dos aspectos importantes: i) El nivel de agregación del estudio ( segmentación ); y ii) el uso de procedimientos de muestreo.

### i) Segmentación.

Para estudiar la demanda de transporte en un sistema, conviene dividir el mercado total en grupos de consumidores con preferencias y características análogas, de tal forma que se pueda suponer que respondan de la misma manera ante cambios en el sistema de transporte. Por ello, el mercado total, es decir, la población total de usuarios potenciales, se divide en segmentos homogéneos en cuanto a su composición interior, pero distintos de otros segmentos. Ejemplos:



para planear el acceso a un aeropuerto, los segmentos del mercado podrían ser:

- i) viajeros no residentes en la región: a) de negocios; b) otros;
- ii) viajeros residentes en la región: a) de negocios; b) otros;
- iii) empleados del aeropuerto;
- iv) acompañantes de viajeros;
- v) visitantes que no acompañan viajeros.

Para analizar el transporte de carga, los consumidores se podrían clasificar según:

- i) tamaño de la empresa;
- ii) clase de la industria;
- iii) tipo de mercancías adquiridas o vendidas.

Una forma común de segmentar mercados consiste en agrupar a los consumidores de acuerdo con su localización geográfica. Primero se define detalladamente el área de estudio y su frontera, luego se procede a la subdivisión del área de estudio en unidades menores denominadas zonas, compatibles con la repartición poblacional, con la polarización económica y la dispersión de los centros estructurales del sistema de transporte. Luego se procede a identificar polos urbanos relevantes para el sistema de transporte, con el objeto de que los orígenes y destinos de los viajes puedan ser definidos geográficamente con mucha precisión seleccionando ciudades con características relevantes, por ejemplo, ciudades con población de más de 50 000 habitantes, centros de producción agrícola, ganadera, etc. La zonificación se realizará de acuerdo al nivel de planeación y tratando de que cada zona resultante tenga una característica homogénea, y se supone que los consumidores de cada zona forman los principales segmentos del mercado. Después, cada zona puede caracterizarse por indicadores promedio como nivel de ingreso, número de automóviles, etc., según las necesidades particulares de cada estudio.

## ii) Muestreo,

El procesamiento y recolección de datos es una actividad compleja y costosa. La unidad de recolección para la planeación del transporte es un individuo o un movimiento vehicular, por lo que a veces llegar a este nivel de sofisticación resulta económicamente impracticable. Es por eso que se necesita escoger una muestra que sea representativa del total de la población que se desea analizar.

La conducta de los individuos en sus desplazamientos tiende a ser repetitiva y se desarrolla siguiendo esquemas relativamente fijos. Estos esquemas pueden ser compartidos por grupos numerosos. Por lo tanto no es necesario estudiar a todos los residentes del área de estudio, o recoger información de viajes para períodos muy largos. Solo se necesita la información suficiente para calibrar los modelos que describen las características de los viajes de manera general.

La información necesaria o tamaño de la muestra requerido puede obtenerse una vez que se han hecho dos consideraciones: a) se supone que se conoce la forma de la distribución de los elementos de la población, generalmente se usa la distribución normal; b) se decide cuál es el límite de error o de tolerancia que se aceptará en el estudio. Así, por ejemplo, para una distribución normal y para un límite de error, tenemos que el tamaño de la muestra está dado por:

$$N = \left[ \frac{Z \sigma}{d} \right]^2$$

donde:

N: es el tamaño de la muestra.

d: es el límite de error o de tolerancia que se desea.

$\sigma$ : es la desviación estandar de los elementos de la muestra.

Z: es el coeficiente de confianza para un nivel de confianza determinado.

Los estudios más frecuentes en la planeación de los sistemas de trans-

porte para determinar las características actuales de funcionamiento del sistema son los siguientes:

- 1) Estudios de Volúmenes de Tránsito.
- 2) Estudios de Tiempo de Recorrido.
- 3) Estudios de Origen-Destino.
- 4) Estudios de Tiempos y Movimientos.

### 3.1 Estudios de Volúmenes de Tránsito.

Los estudios de volúmenes de tránsito o aforos se realizan siempre que se desea conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado. Estos estudios varían según el punto y el tiempo durante el cual se efectúa el estudio. Entre otras aplicaciones, los aforos se llevan a cabo para conocer la composición y el volumen de tránsito o cantidad de vehículos en las carreteras, para determinar el número de vehículos que viajan en cierta zona o a través de ella o hacia ella; para servir como base en la clasificación de rutas; para evaluar índices de accidentes; para localizar déficits en el servicio y para predecir los volúmenes de tránsito o volúmenes de demanda futuros.

Para determinar aforos existen entre otros los siguientes métodos:

- a) Método de aforo manual.
- b) Método de registradores mecánicos.

#### a) Método de aforo manual.

Es un método para obtener datos de volúmenes de tránsito a través del uso de personal de campo conocido como aforadores de tránsito. Este método permite la clasificación de los vehículos por tamaño, tipo, número de ocupantes y otras características. Es un método muy exacto en el que puede obtenerse mucha información, pero los recuentos manuales están limitados a usarse en períodos cortos y en lugares donde sea ésta la única forma de realizarlos.

### b) Método de registradores mecánicos.

En este método se utilizan reguladores mecánicos para hacer los aforos. Este método se utiliza con más frecuencia que el anterior. Los reguladores mecánicos son dispositivos que cumplen con dos funciones: detectar o percibir los vehículos y realizar un acopio de datos de tránsito.

Para formar una banco de datos útil para la planeación del transporte es necesario establecer estaciones permanentes de aforo, en las que se lleve un registro continuo de los volúmenes de tránsito, que aporten información relativa a las variaciones horarias, diarias, y estacionales del tránsito. Las variaciones de los volúmenes de tránsito son sistemáticas, es decir, tienen una variación cíclica predecible. Por esta razón, a través de una apropiada clasificación de los caminos y de la ubicación adecuada de los puntos de recuento, es posible obtener datos básicos en cuanto a la composición del tránsito para cada tipo particular de camino.

Es claro que este tipo de estudios serán útiles en el caso de autotransporte de carga y pasajeros, y no en el caso de ferrocarril y transporte aéreo, - donde es más fácil conocer los volúmenes de usuarios ( de tránsito ) porque se trata de sistemas manejados por un operador central que posee información adecuada acerca de los vehículos que que controla.

En general, los estudios de aforos están ligados a estudios de capacidad, es decir, sirven para comparar la capacidad instalada con el volumen de demanda de un medio de transporte o de una ruta específica, donde la capacidad instalada se refiere al número de vehículos en la red, el número de asientos disponibles, y los volúmenes máximos de usuarios que el sistema puede atender, tomando como referencia un tiempo determinado.

### 3.2 Estudios de Tiempos de Recorrido.

Los estudios de tiempos de recorrido se utilizan para determinar la dis

tribución de velocidades de los vehículos en tramos largos y para obtener datos sobre la velocidad promedio de los vehículos en el tramo de estudio.

Los estudios de tiempos de recorrido son útiles porque suministran datos relativos a los niveles de servicio ofrecidos en los tramos considerados. Los métodos de estudio de tiempos de recorrido pueden clasificarse en dos: a) Método de las placas, que es efectivo para registrar el tiempo de recorrido en una corriente de tránsito y su función es determinar la velocidad promedio en un tramo determinado; b) Método del vehículo de prueba, en el cual además puede registrarse el sitio y la duración de cada demora.

a) Método de las placas.

El método de las placas consiste en colocar observadores al principio y al final del tramo en estudio, quienes marcan la hora de salida y llegada de los vehículos, identificados por medio de una característica distintiva, su matrícula en el caso de automóviles. Posteriormente se relacionan los datos de los observadores para obtener el tiempo empleado por el vehículo en recorrer el tramo. Muchos vehículos registrados al principio no estarán registrados al final del tramo y viceversa pues dentro del recorrido existen desviaciones, entronques, etc.

El método de la placas es efectivo para registrar tiempos promedios de recorrido en un tramo, pero tiene el inconveniente de no poder registrar el sitio, el motivo y la duración de las demoras.

b) Método del vehículo de prueba.

El método del vehículo de prueba es utilizado para obtener tiempos de recorrido, velocidad a lo largo de un tramo y los motivos y tiempos de las demoras. El estudio es realizado por el conductor del vehículo y un anotador que puede registrar la ubicación y la duración de cada demora. Es un método efectivo porque permite ubicar los sitios donde se están creando las demoras que pueden afectar todo el funcionamiento del tramo.

### 3.3 Estudios de Origen-Destino.

Los estudios de origen-destino proporcionan datos muy importantes sobre los patrones de movimiento de bienes y personas dentro del área de interés. Estos datos pueden ayudar a estimar la demanda de las instalaciones existentes del sistema de transporte, calibrar y verificar modelos de predicción de viajes, y determinar la necesidad de nuevas rutas o instalaciones.

Los estudios de origen-destino se diseñan para recopilar datos sobre el número y tipo de viajes, incluyendo movimientos de vehículos de carga y pasajeros desde uno o varios orígenes hacia uno o varios destinos. Estos estudios son utilizados principalmente durante la planeación, y en particular, como se dijo, en la localización, diseño y programación de rutas nuevas o ampliación y mejoramiento de las ya existentes.

Para calibrar los modelos de predicción de viajes, los estudios de origen-destino se complementan con información sobre las características socioeconómicas de los destinos, por ejemplo, su Producto Interno Bruto, nivel de ingreso; si es zona industrial, comercial o residencial; si su actividad preponderante es la ganadera, la agricultura, la pesca, etc. Sobre las características de los usuarios interesan su nivel económico, cultural, actividad preponderante, etc.

A continuación se mencionan los procedimientos más comunes para obtener información sobre los orígenes y destinos de un grupo de usuarios de interés:

- a) Encuesta a conductores de vehículos
- b) Tarjetas postales
- c) Placas de vehículos en movimiento
- d) Entrevista domiciliaria

#### a) Encuesta a conductores de vehículos.

Este método consiste en detener al conductor del vehículo para formularle preguntas acerca de cuál es el origen y el destino de su viaje, el motivo del mismo y datos tales como tipo y calidad de la carga transportada. En este

estudio se incluyen solo los conductores y pasajeros de los vehículos. Es difícil escoger el punto donde realizar la encuesta, de preferencia debe ser un punto de parada obligatoria, como una caseta de cobro o una estación, durante el recorrido. Este método tiene la ventaja que se obtiene la información directamente del usuario en el momento del viaje. Pero tiene el inconveniente de la molestia que implica para el usuario en cuanto al tiempo que pierde y que además puede crearse un punto de conflicto en la ruta.

#### b) Tarjetas postales.

Es un método similar al anterior que puede usarse cuando no se puede detener a los vehículos por mucho tiempo. El método consiste en entregar a los conductores un cuestionario en "tarjetas" en las estaciones de parada obligatoria, para ser llenado por los conductores y posteriormente depositado en el correo o entregado en puntos al final del recorrido. Para obtener la cooperación del público es deseable un programa de publicidad previo..

Este método tiene la ventaja de que el cuestionario puede ser más amplio que en el caso en que se entrevista a los conductores, además, puede estar dirigido no sólo a los conductores de los vehículos sino también a los usuarios indirectos, es decir, a aquellos que motivan el viaje sin realizarlo directamente, pero tiene la desventaja de que no siempre el usuario estará dispuesto a cooperar enviando las tarjetas o respondiendo con seriedad a las preguntas formuladas en las mismas,

#### e) Placas del vehículo en movimiento.

Consiste en colocar observadores a lo largo de la ruta o zona de estudio. Conforme el vehículo pasa por donde están los observadores, éstos anotan una característica distintiva del vehículo, como la matrícula en el caso de los automóviles, y la hora de la observación, para posteriormente comparar los datos de los observadores y poder trazar el recorrido del vehículo considerado. Para el propósito de este estudio, el origen es el lugar donde el vehículo es obser-

vado por primera vez y el destino donde es observado por última vez.

El método tiene la ventaja de que permite obtener datos sin depender de la cooperación del conductor del vehículo, pero no es recomendable en zonas grandes debido a la cantidad de personal requerido y a que la mayoría de los viajes se iniciarán y terminarán dentro de la zona. Además, no proporciona información acerca de los motivos de los viajes y de las características de los usuarios.

#### d) Entrevista o encuesta domiciliaria.

Este método consiste en obtener información sobre el tipo de viaje, motivo de viaje y medio de transporte utilizado por los residentes de una zona a través de entrevistas domiciliarias. En caso de las zonas industriales o comerciales, este método es útil para conocer el tipo de producción, el tipo de consumos, la cantidad, calidad y tipos de productos a transportar, su origen, su destino y el medio de transporte utilizado para su distribución.

Las entrevistas a domicilio se realizan con dos objetivos principales: recoger información estadística sobre los viajes de los residentes, ya se trate de familias en zonas residenciales o de empresas en zonas industriales o comerciales; y para obtener información sobre las características socioeconómicas o productivas para poder relacionarlas con la generación de viajes para la construcción y calibración de los modelos de predicción.

La entrevista domiciliaria es un procedimiento muy costoso, pero tiene la ventaja de que puede obtenerse una gran cantidad de información siempre que el público esté dispuesto a cooperar con la entrevista.

El mejor modo de obtener información sobre los viajes realizados dentro del área de estudio por vehículos comerciales es informarse a través de los controladores de vehículos, que normalmente tratan de que sus conductores lleven una relación de los viajes que efectúan.

Un método similar al anterior es aquel en que en vez de realizar las entrevistas, se envía un cuestionario para que el usuario lo llene y posterior-



mente lo envíe por correo o se recoja a domicilio. Tiene la ventaja de que el usuario contesta el cuestionario cuando tiene tiempo y no precisamente en el momento de la entrevista. Pero tiene la desventaja que el usuario puede no prestar la atención debida al cuestionario.

Los estudios origen-destino no sólo se refieren a volúmenes de vehículos o pasajeros dentro de la región en estudio, sino que dependiendo de los objetivos del estudio también pueden abarcar los volúmenes de carga transportados en dicha región. En este caso dentro de la información requerida a los usuarios se incluyen datos sobre el volumen, tipo de carga transportada, procedencia y destino. Los resultados de los estudios se pueden confirmar comparándolos con los datos obtenidos en las bodegas o terminales de carga y descarga, en los patios de clasificación de los ferrocarriles, en los puertos, etc. Dado que los datos requeridos para el transporte de carga y pasajeros son diferentes, los lugares de estudio deberán ser diferentes, pues los viajes generados en y a través de zonas comerciales, industriales, es decir, considerando solo el aspecto comercial o industrial de la zona, son cuantitativa y cualitativamente diferentes a los generados en una zona habitacional o residencial.

#### 3.4 Estudios de Tiempos y Movimientos.

Otra parte importante del diagnóstico se refiere a conocer cuáles son las actividades que es necesario realizar para proveer un servicio de transporte y si esas actividades se realizan con la eficiencia requerida. En este sentido el estudio de tiempos y movimientos se usa dentro del proceso de planeación del transporte con objeto de diagnosticar la eficiencia con que se realizan las diversas actividades involucradas en la prestación de servicios y así estar en condiciones de identificar e implantar medidas para eliminar deficiencias e incrementar la productividad.

En cualquier organización o sistema, cuando se ha establecido un proceso de producción, tanto si los productos son materiales como si son servicios es necesario determinar medios para controlar dicha producción, es decir, se han de proyectar sistemas de flujo de información para comparar los hechos con los planes.

El estudio de tiempos y movimientos puede usarse en cualquier actividad de control del proceso de producción. Las características particulares del estudio variarán según el tipo de sistema que se pretende estudiar. Generalmente se necesita emplear los estudios de tiempos para determinar los costos y los estudios de movimientos para reducirlos. La filosofía fundamental del estudio de tiempos y movimientos implica tres suposiciones:

- i) Existen generalmente numerosas formas de ejecutar una tarea, pero con el conocimiento obtenido, un método es generalmente superior a otros.
- ii) El método científico de resolver problemas permite hallar mejores métodos de trabajo que el ingenio indisciplinado.
- iii) Un patrón de rendimiento puede ser determinado de forma que permita dimensionar la entrada necesaria de mano de obra y de recursos dentro de una organización cualquiera.

En otras palabras, puede decirse que los procedimientos del estudio de tiempos y movimientos están basados en la suposición de que para cualquier trabajo existe siempre, a la luz del conocimiento presente, "una forma de realizar mejor el trabajo".

Un estudio de tiempos y movimientos puede hacerse de la siguiente manera:

- i) Dividir el trabajo en tareas o movimientos sencillos, es decir, fragmentar el proceso en sus componentes más sencillos.
- ii) Identificar los movimientos inútiles y prescindir de ellos.
- iii) Estudiar como hacen el trabajo ciertos trabajadores y seleccionar el método

mejor para utilizarlo como norma o patrón de trabajo.

- iv) Registrar tiempos de holgura, de descanso, etc.
- v) Probar la factibilidad de usar otro proceso de producción o de cambiar algunas de las actividades no críticas para reducir el tiempo y comprobar el efecto sobre el costo.

Los procesos de transporte incluyen varias actividades además de la del transporte físico de los bienes, es decir, el traslado de un origen a un destino. Existen otras actividades tales como carga y descarga de productos, almacenamiento de los mismos para pasar de un medio de transporte a otro; movimientos para estar en disposición de efectuar los traslados, por ejemplo, los movimientos en un patio de clasificación o un puerto; recorridos sin carga o viajes vacíos, etc. Todas estas actividades no proporcionan directamente un servicio de transporte, pero, sin embargo, son indispensables en el proceso del transporte, además de que generan altos costos y pérdidas considerables de tiempo. El estudio de tiempos y movimientos es un método que permite identificar todas estas actividades para lograr reducir sus costos a través de un proceso más eficiente.

### CONCLUSIONES.

Previo al mejoramiento de cualquier situación es necesario conocer el estado actual de la misma, y es éste el objetivo de la etapa de diagnóstico y formulación de la problemática. La etapa de diagnóstico pretende conocer cuál es el sistema objeto de estudio y cuál es su situación actual. En la planeación del transporte el sistema de estudio se conoce identificando sus componentes y las características de los viajes.

Para iniciar los estudios de transporte que permitirán identificar cuál es la situación actual del sistema es necesario hacer dos simplificaciones: primero sobre el nivel de agregación del estudio (segmentación) y después so-

bre el tamaño de la muestra a estudiar.

Los estudios de transporte, a través de la técnicas o métodos de recolección de datos, nos permiten formar un banco de datos para conocer la situación actual y con base en ello proponer la medidas necesarias a fin de que la situación actual se mantenga o se mejore.

Los estudios de recopilación de datos de transporte más frecuentes son:

- 1) Estudios de volúmenes de tránsito, que sirven para conocer la demanda en una instalación de transporte.
- 2) Estudios de tiempos de recorrido, que se utilizan para determinar las velocidades de los vehículos en un tramo y para poder determinar los niveles de servicio en el mismo.
- 3) Estudios de origen-destino, que sirven para determinar patrones de movimiento dentro de un área determinada.
- Y 4) Estudios de tiempos y movimientos, que sirven para identificar si las actividades que es necesario realizar para proveer un servicio de transporte se realizan con la eficiencia debida.

Los métodos expuestos no son rígidos en cuanto a su aplicación, ya que la forma específica de estudiar un problema depende de la persona que ha de emprender el estudio y del problema que se aborde.

## CAPITULO 4

### OBJETIVOS Y CRITERIOS DE EVALUACION.

En este capítulo se presenta la estructura de valores-propósitos-objetivos (metas)-criterios y su relación con el contexto dentro del cual ocurre el proceso de planeación del transporte. Además se presenta un ejemplo basado en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) y su aplicación al sector transporte a través del Plan Nacional de Comunicaciones y Transporte (PNCT).

El término objetivo debe definirse con precisión, ya que existen dificultades para su interpretación, así como para la de otros conceptos frecuentemente utilizados en planeación, tales como valores, metas y criterios. Para iniciar la presentación es necesario establecer las diferencias entre ellos.

El comportamiento de una persona está gobernado por un conjunto de esquemas irreductibles de deseos, necesidades básicas y acciones, a los que se conoce como valores. En general, los valores son compartidos por grupos de individuos con características similares, por lo que puede hablarse de valores familiares, comunales, sociales y culturales. En una sociedad pueden identificarse ciertos valores irreductibles como el deseo de sobrevivir, la necesidad de desarrollo y pertenencia, la necesidad de orden y la seguridad. El transporte contribuye a la satisfacción de estos valores en la medida en que pueda proveer o limitar las oportunidades de desarrollo de patrones de crecimiento.

En concordancia con los valores se reconocen ciertos ideales comunes, hacia los que se inclinan los individuos y los grupos. Estos ideales son los propósitos, y aunque no estén suficientemente especificados para ser alcanzados por completo, los propósitos proporcionan la dirección en la que conviene encaminar la acción colectiva.

Los propósitos son enunciados que relacionan de una manera general al entorno físico con los valores. Sin embargo, debido a su generalidad no se pue

de medir su realización. Por ejemplo, la provisión de iguales oportunidades para todos los miembros de la comunidad, derivada de los valores de desarrollo, de seguridad y pertenencia, puede ser un propósito al cual encaminarse. Por la amplitud y complejidad de lo que significa "iguales oportunidades", es imposible alcanzar este ideal o bien medir directamente el grado en que se alcanza.

Un objetivo es una proposición específica que resulta de un propósito. Los objetivos parecen ser realizables y están establecidos, por lo que es posible medir el grado de su realización. Por ejemplo, dado el propósito de dar iguales oportunidades de crecimiento a los miembros de una comunidad, un objetivo del sistema de transporte podría ser que el costo de transporte público no represente una carga onerosa para ningún grupo de la comunidad, que de lo contrario quedaría marginado de la oportunidad de transportarse.

A partir de los objetivos, que son una expresión cualitativa de lo deseado, se fijan las metas, que son una expresión cuantitativa de lo que se espera alcanzar en términos de un objetivo durante un cierto período. Como una medida de los costos de transporte público para los distintos grupos, el costo en pesos del viaje debería compararse con los salarios. Es decir, el objetivo costos iguales expresado en términos de metas parece ser realizable, medible.

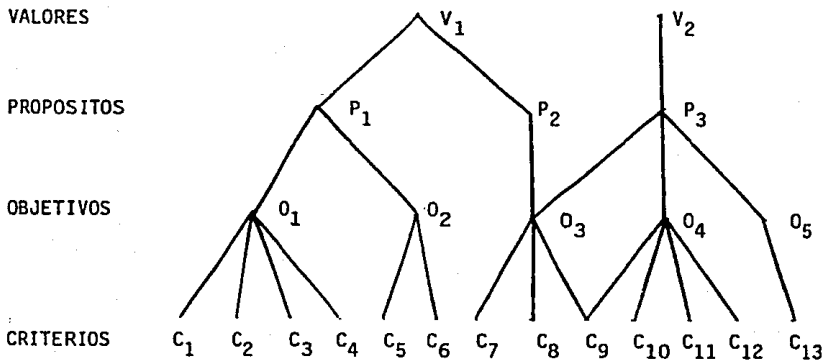
Los criterios de evaluación son resultado del hecho de que los niveles de alcance de los objetivos son medibles a partir de las metas. En este sentido, los criterios de evaluación son una definición operacional o funcional de los objetivos. Los criterios de evaluación son las medidas, las pruebas, los indicadores del grado en que los objetivos son alcanzados. El criterio imparte más cacterísticas cuantitativas a los objetivos, y agrega precisión a éstos para diferenciarlos de los propósitos. En el ejemplo, el hecho de que el costo de transporte no represente una carga onerosa para ningún grupo de la comunidad sería el objetivo, y el porcentaje del salario de cada grupo que es utilizado para transportarse podría ser el criterio de evaluación, es decir, costos iguales.

sería el objetivo, y el porcentaje de costo-salario sería el criterio.

La etapa culminante del proceso de evaluación se refiere a la ponderación de los beneficios o consecuencias de los proyectos alternativos. Ello puede hacerse de manera explícita, cuando todos los factores son conscientemente considerados; o implícita, cuando se encuentran presentes beneficios oscuros u ocultos, en que esta ponderación se realiza con base en un criterio que es el resultado de la existencia de un conjunto de objetivos en el proceso de evaluación. Este conjunto de objetivos proporciona el ideal o los ideales contra los cuales es necesario comparar una cosa en particular para determinar cuál es su valor.

Las anteriores definiciones pueden resumirse de la manera siguiente: la existencia de criterios en el proceso de planeación de transporte implica la existencia de objetivos. Los objetivos, a su vez, lógicamente, pueden existir como consecuencia de los propósitos, que dependen de los valores de la sociedad.

Idealmente, los propósitos de un sistema de transporte deben determinarse de acuerdo a los valores de la sociedad, los objetivos deben ser desarrollados en base a estos propósitos, y los criterios de evaluación deben definirse en atención a la medida o cuantificación de los objetivos.



La figura de la página anterior muestra la relación entre valores, propósitos, objetivos y criterios. La figura muestra que cada valor básico presente en una sociedad puede dar lugar a uno o más propósitos, cada propósito lleva a uno o más objetivos y que cada objetivo puede ser medido a través de uno o más criterios. Debe notarse que un criterio ( por ejemplo  $C_9$ ) puede medir el cumplimiento de dos o más objetivos ( por ejemplo  $O_3$  y  $O_4$ ), y que varios objetivos (por ejemplo  $O_3$ ) puede contribuir a la satisfacción de dos o varios propósitos ( por ejemplo  $P_2$  y  $P_3$ ). Similarmente, un propósito puede contribuir a la satisfacción de más de un valor.

Algunas de las características deseables que debe tener un conjunto de metas y objetivos son: las metas y los objetivos deben ser lo suficientemente comprensibles para tratar explícitamente con los elementos principales o variables del sistema de estudio. Cada uno de los objetivos y sus correspondientes metas deben estar estructurados de modo no trivial. Objetivos muy generales y metas que parezcan alcanzables fácilmente no proporcionan una base adecuada para la formulación y evaluación de un proyecto. Además, el conjunto de objetivos debe ser completo, para que cubra todos los aspectos importantes del problema; operacional, para que pueda ser usado con buen sentido durante el análisis; no redundante, para evitar contar dos veces los impactos; mínimo, para que la dimensión del problema continúe siendo manejable.

La esencia del proceso de evaluación es la comparación de las consecuencias o beneficios del conjunto de alternativas contra un criterio de evaluación. La mejor alternativa no es ni la que pueda desarrollar el mayor número de tareas ni la que proporciona el mayor número de beneficios. La mejor alternativa de un conjunto de alternativas es solo aquella que, de acuerdo a los objetivos, sea la que esté "evaluada" más alto. Es decir, la alternativa que cumpla más satisfactoriamente el conjunto de objetivos en relación con la cantidad de recursos requeridos.



EJEMPLO:

Para ejemplificar lo expuesto anteriormente, a continuación se presenta el desarrollo de propósitos, objetivos y criterios basados en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) con vistas a su aplicación al sector transporte a través del Programa Nacional de Comunicaciones y Transportes (PNCT).

El 10. de diciembre de 1982, en su discurso de toma de posesión, el presidente Miguel de la Madrid ratificó los criterios fundamentales derivados de la "consulta popular", entre ellos el de la "planeación democrática". Desde un principio, el gobierno emprendió un conjunto de acciones para convertir el Sistema Nacional de Planeación Democrática (SNPD) en un efectivo instrumento ordenador y orientador de la estrategia de desarrollo diseñada para el período 1983-1988.

El Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988 tiene como propósito fundamental el mantener y reforzar la independencia de la Nación para la construcción de un sociedad que, bajo los principios del Estado de derecho, garantice libertades individuales y colectivas en un sistema integral de democracia y en condiciones de justicia social. Para ello requiere una mayor fortaleza interna de la economía nacional, mediante la recuperación del crecimiento sostenido, que permita generar los empleos requeridos por la población, en un medio de vida digno; y una sociedad más vigorosa, por medio de una mejor distribución del ingreso entre familias y regiones, y el continuo perfeccionamiento del régimen democrático. De este propósito central se derivan, relacionados entre sí, los siguientes cuatro objetivos: 1) Conservar y fortalecer las instituciones democráticas; 2) Vencer la crisis; 3) Recuperar la capacidad de crecimiento; y 4) iniciar los cambios cualitativos que requiere el país en sus estructuras económicas, políticas y sociales.

De estos cuatro objetivos, y atendiendo a las dos estrategias fundamentales : de reordenación económica y de cambio estructural, se plantean objetivos de un nivel inmediato inferior. Para la primera estrategia tenemos los siguientes objetivos:

- 1) Abatir la inflación y la inestabilidad cambiaria;
- 2) Proteger el empleo, la planta productiva y el consumo básico;
- 3) Recuperar la capacidad de crecimiento sobre bases diferentes a las del pasado.

Para la estrategia de cambio estructural se plantean los siguientes objetivos:

- 4) Mejorar la características sociales y redistributivas del crecimiento;
- 5) Reorientar y modernizar el aparato productivo y distributivo;
- 6) Descentralizar en el territorio las actividades productivas, los intercambios y el bienestar social;y
- 7) Fortalecer la rectoría del Estado, estimular el sector empresarial e impulsar el sector social.

Estos objetivos generales sirven para encuadrar los objetivos específicos del sector transporte. Conforme a la línea de la reordenación económica, los objetivos del sector transporte son:

- 1-a) Aumentar la productividad sectorial;
- 1-b) Atender la conservación de la capacidad instalada;
- 1-c) Concentrar inversiones en obras de beneficio inmediato;
- 1-d) Poner en operación obras en proceso con un alto grado de avance;
- 2-a) Intensificar los usos de la mano de obra en los proyectos del sector;
- 3-a) Propiciar un reordenamiento de la atención modal de la demanda;
- 3-b) Revisar y modificar el cuadro institucional y reglamentario vigente.

Respecto al cambio estructural, los objetivos del sector transporte son:

- 4-a) Desarrollar proyectos que integren zonas marginadas a la vida de la nación;
- 5-a) Fomentar el desarrollo de la industria nacional abastecedora del transporte;
- 5-b) Utilizar el transporte como elemento modernizador de los procesos a los que

sirve;

- 6-a) Construir infraestructura que fortalezca el surgimiento de nuevos ejes troncales en el territorio;
- 7-a) Concertar acciones que beneficien al sector con grupos específicos de la población.

Planteados estos objetivos es preciso proponer medidas de evaluación que sirvan para cuantificar el grado en que se alcanza cada uno de los objetivos. Por ejemplo, en el caso de los objetivos que apoyan la reordenación económica, los criterios de evaluación pueden ser:

- 1-a) Magnitud de servicio/No. de empleados en el sector;
- 1-b) Inversión por kilómetro de carretera dedicada a la conservación;
- 1-c) Número de obras y kilometraje puestos en servicio;
- 1-d) Número de obras puestas en servicio;
- 2-a) Número de empleos generados en la construcción de infraestructura de transporte; distribución de ingresos en el sector;
- 3-a) Distribución porcentual de los movimientos efectuados;
- 3-b) Número y naturaleza de la revisiones realizadas.

Para los objetivos de cambio estructural se podría pensar en criterios como los siguientes:

- 4-a) Número de habitantes beneficiados; número de comunidades comunicadas mediante el desarrollo de la infraestructura;
- 5-a) PIB de la industria abastecedora del transporte;
- 5-b) Valor agregado por el transporte a un proceso;
- 6-a) Tiempo de viaje a lo largo de los nuevos ejes; inversión en corredores troncales;
- 7-a) Número de acciones de concertación concretadas.

PROPOSITO  
( OBJETIVO GENERAL )

V E N C E R  
L A  
C R I S I S .

OBJETIVO  
( INFERIOR )

ABATIR LA INFLACION  
Y LA  
INESTABILIDAD CAMBIARIA

OBJETIVO  
(SECTOR TRANSPORTE)

AUMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD  
SECTORIAL

ATENDER  
LA CONSERVACION  
Y LA  
CAPACIDAD  
INSTALADA

CONCERTAR  
INVERSIONES  
EN OBRAS DE  
BENEFICIO  
INMEDIATO

PONER EN  
OPERACION  
OBRAS EN PROCESO  
CON UN ALTO  
GRADO DE AVANCE

CRITERIOS

MAGNITUD DE  
SERVICIO/No.  
DE EMPLEADOS  
EN EL SECTOR

INVERSION POR KM  
DE CARRETERA  
DEDICADO A LA  
CONSERVACION

NUMERO DE  
OBRAS PUESTAS  
EN SERVICIO

NUMERO DE  
OBRAS PUESTAS  
EN SERVICIO

La figura de la página anterior muestra como es la relación y jerarquía para el objetivo abatir la inflación y la inestabilidad cambiaria. Los otros seis objetivos tendrían una representación similar.

Es obvio que los criterios de evaluación propuestos no son más que una alternativa, y que se pueden añadir otros o sustituir algunos para dar mayor representatividad a la medición de los objetivos. En el ejemplo se muestra como un propósito general como el de vencer la crisis, ha dado lugar a un objetivo general, que es el de abatir la inflación y la inestabilidad cambiaria, que a su vez lleva a los objetivos específicos del sector transporte, como por ejemplo aumentar la productividad sectorial. Ahora es necesario un criterio de evaluación para saber la medida en que se alcanza este objetivo, y este criterio puede ser la magnitud de servicio/ No. de empleados en el sector.

#### CONCLUSIONES.

La estructura de valores-propósitos-objetivos (metas)-criterios proporciona el marco específico sobre el cual se desarrolla el proceso de planeación del transporte. Los valores son los deseos o necesidades básicas que gobiernan el comportamiento humano o social. Los ideales comunes hacia los que se inclinan los individuos y los grupos son los propósitos. Un objetivo es una proposición específica que resulta de un propósito. Las metas son una expresión cuantitativa de lo que se espera alcanzar en términos de un objetivo durante un cierto período y los criterios son una definición operacional o funcional de los objetivos, son las medidas o indicadores del grado en el que se alcanzan los objetivos.

Para que el transporte sirva efectivamente a la sociedad, en el proceso de planeación de los sistemas de transporte, es necesario conocer cuáles son los valores de la sociedad, para poder determinar las tareas que el sistema debe cumplir, es decir, los propósitos que debe satisfacer el sistema de transporte.

Conociendo el propósito o motivo de la creación o modificación del sistema de transporte se proponen los objetivos y metas que debe satisfacer el sistema para cumplir dichos propósitos, además, se necesitan los criterios que dan información acerca del grado en que se cumplen los objetivos.

La planeación de los sistemas de transporte está ligada con la toma de decisiones y la estructura de valores-propósitos-objetivos (metas)-criterios es de gran utilidad a los planeadores y a los que toman las decisiones para organizar sus actividades, además proporciona un punto de partida para desarrollar los proyectos alternativos que ayuden a alcanzar los objetivos y proporciona medidas para la evaluación de los proyectos alternativos en la toma de decisiones, para ayudar así a hacer elecciones más efectivas.

## CAPITULO 5

### ESTUDIOS DE TRANSPORTE (GENERACION Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS).

El transporte está íntimamente ligado con la sociedad a la que sirve. El desarrollo de la sociedad determina las necesidades de transporte y a su vez el transporte contribuye a determinar las posibilidades de desarrollo de una sociedad.

La sociedad en que vivimos, y en la que tienen lugar los procesos de transporte, está en constante cambio, evolucionando, y esto resulta de vital importancia dentro del análisis de transporte por la estrecha relación entre el transporte y el resto de la sociedad.

El enfoque de análisis de sistemas de transporte está basado en dicha relación. El objetivo principal del análisis de sistemas de transporte es intervenir, delicada y deliberadamente, en el desarrollo de la sociedad usando efectivamente al transporte, en coordinación con otras acciones públicas y privada, para alcanzar los objetivos de la sociedad. En otras palabras, el objetivo del análisis, es caracterizar el sistema de estudio por medio de dimensiones físicas y variables de funcionamiento y entonces utilizar dichas características para entender mejor las consecuencias provocadas por cambios en el sistema, y así poder proponer cambios cuyas consecuencias sean las deseadas.

Es preciso hacer una distinción entre el análisis y la evaluación. El análisis es un medio para entender como trabajan el sistema de transporte y sus componentes y como los cambios en el sistema afectan su funcionamiento. La evaluación implica reunir todos los costos, beneficios y efectos obtenidos en el análisis para conocer el valor relativo de cada alternativa.

En este capítulo se discuten los enfoques usados para el análisis de los sistemas de transporte y su relación con el sistema de actividades. En primer lugar se discute la función de demanda y sus aplicaciones, después se habla de la oferta del transporte y su relación con el funcionamiento del sistema, y al final se discute el análisis de las redes de transporte

### 5.1 CONCEPTOS BASICOS.

El sistema de transporte de una nación está sujeto a constantes cambios y modificaciones producidas fundamentalmente por:

- i) Cambios en la demanda de transporte, provocados por las variaciones en los niveles de población, cantidad y distribución del ingreso, uso del suelo, etc.
- ii) Cambios en la tecnología del transporte, los cuales amplían la gama de opciones disponibles para satisfacer la demanda.
- iii) Cambios en el conjunto de valores públicos y privados que afectan la toma de decisiones relativa a los sistemas de transporte.

Estas tres dimensiones de cambios determinan el contexto dentro del que se presentan los conceptos básicos del análisis del sistema de transporte.

El análisis debe basarse en dos premisas fundamentales:

- i) El sistema de transporte de una región debe contemplarse como un todo, es decir, como un sistema único y multimodal.
- ii) Todo análisis del sistema de transporte deberá tomar en cuenta el sistema social, económico y político de la región.

Para analizar un sistema de transporte se requiere estudiarlo en su totalidad, incluyendo todos los modos, los componentes del sistema, los movimientos que se producen dentro de él y, para cada flujo específico, sus características esenciales, incluyendo origen, destino, medios utilizados y transferencias utilizadas durante el trayecto. Mediante un enfoque completo del problema, el analista estará en posibilidad de concentrar sus esfuerzos en los elementos del sistema que resulten de mayor importancia, pero sin perder de vista la perspectiva general que lo rodea.

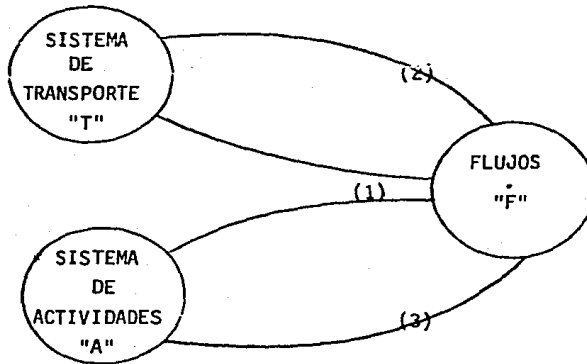
El sistema de transporte y el sistema socioeconómico se relacionan en forma estrecha y se afectan mutuamente. Esta relación puede definirse mediante el empleo de tres variables básicas:

- i) T: el sistema de transporte;



- ii) A: el sistema de actividades socioeconómicas; es todo aquello que hace uso del transporte
- iii) F: es el conjunto de flujos que tienen lugar dentro del sistema de transporte; es la cantidad de bienes y/o personas que se trasladan de "A" a "B" recibiendo un servicio y comprende los orígenes y destinos, las rutas y los bienes y personas que se mueven a través del sistema.

Estas tres variables se relacionan en la forma mostrada en la figura siguiente:



La relación (1) se produce al interactuar el sistema de actividades "A" con el sistema de transporte "T" dando origen a un flujo, que ocurre en el muy corto plazo. Ejemplo: cuando surge la necesidad de transportar el mineral de hierro de una mina a una fundidora, dando lugar a un flujo de transporte entre la mina y la fundidora.

La relación (2) se produce cuando los flujos de transporte alcanzan un nivel que exige la modificación del sistema de transporte para proporcionar un servicio adecuado, y sus efectos se producen en el corto o mediano plazo. Ejemplo: cuando el flujo o volumen de usuarios de una carretera es tal que exige la ampliación de la misma para mejorar el servicio.

La relación (3) se produce cuando el sistema de transporte posibilita la generación de actividades mediante la provisión de infraestructura, servicios ofrecidos o recursos consumidos, y se manifiesta en el largo plazo. Ejemplo: una carretera de penetración económica posibilita la incorporación de zonas productivas a la economía regional.

Una vez definido el sistema y las variables necesarias para el análisis, surgen preguntas acerca de qué opciones existen para intervenir en el sistema y qué consecuencias traen estas opciones.

Las opciones relacionadas con el sistema de transporte son:

- i) Opciones tecnológicas.- Abarcan todas aquellas posibilidades de satisfacer la demanda por medio de distintas combinaciones de componentes, e incluyen decisiones referentes a medios de propulsión, medio a través del que viaja el vehículo, sistema de soporte y suspensión, tamaño y forma de vehículo, estructura típica de rutas, redes y modo operativo.
- ii) Opción de red.- Cambios en la estructura de la red disponible, que comprenden lo relativo a la configuración y localización geográfica de sus arcos. Por ejemplo: decidir entre una red de tipo radial o una de tipo reticular.
- iii) Opción de arco.- Se refiere a las características de los arcos que conforman una red. Por ejemplo: localización física, número de carriles, pendientes, grado de curvatura, etc.
- iv) Opción de vehículo.- Se refiere a los distintos tipos de vehículos y sus características.
- v) Opción operativa.- Cubre todos aquellos cambios que modifiquen el plan de operación de un sistema de transporte. Por ejemplo: rutas e itinerarios de vehículos, tipo de servicio ofrecido, etc.
- vi) Opciones de política organizacional.- Son los cambios relativos a decisiones administrativas, organizacionales e institucionales que se tienen que tomar en el seno de entidades relacionadas con el transporte.

Las opciones relacionadas con el sistema de actividades son:

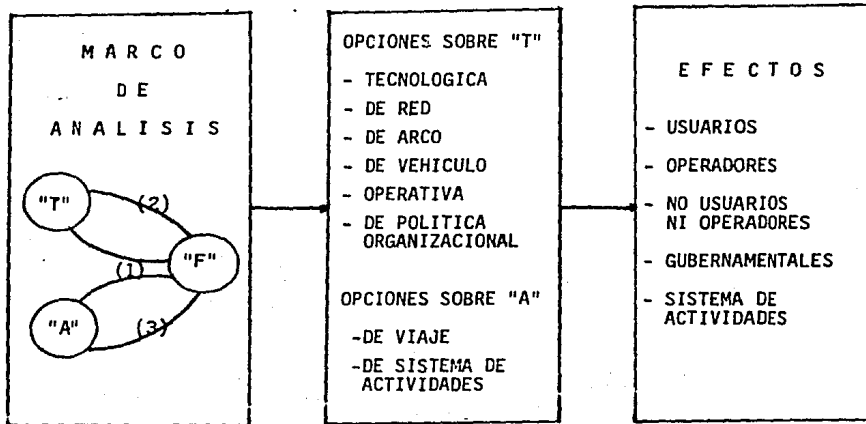
- i) Opción de viaje.- Son las posibilidades abiertas a todo usuario del sistema de transporte: hacer o no un viaje, a donde hacerlo, cuándo y cómo hacerlo.
- ii) Opciones del sistema de actividades.- Incluye todo cambio social, económico y/o político que afecta al transporte. Por ejemplo: localización industrial, desarrollo turístico, etc.

En la configuración de los sistemas de transporte intervienen diversos grupos que lo afectan: los usuarios, los operadores y el gobierno que influyen en la magnitud, la estructura y las características de los flujos de transporte. Esta influencia se manifiesta a través de las opciones disponibles a los grupos, estas opciones pueden tener que ver con el sistema de transporte o con el sistema de actividades.

La introducción de opciones que cambien al sistema de transporte tiene efectos variados que deben analizarse al evaluar dichas opciones. Estos efectos pueden aislarse a nivel de los grupos involucrados y pueden ser:

- i) Efectos sobre los usuarios.- se manifiestan a través del servicio recibido, y comprenden consecuencias como el tiempo de viaje, el costo, la seguridad, la comodidad, etc.
- ii) Efectos sobre los operadores.- se manifiestan en términos monetarios, nivel de utilidades, autosuficiencia financiera, etc.
- iii) Efectos sobre los no operadores y no usuarios.- se manifiestan a través de las externalidades del transporte, como son la contaminación ambiental, el ruido y otros efectos nocivos.
- iv) Efectos gubernamentales.- se manifiestan en el ámbito político y varían según el grupo afectado.
- v) Efectos sobre el sistema de actividades.- producen cambios en los flujos de transporte como resultado de modificaciones en el propio sistema.

Todos estos conceptos se ejemplifican en la figura de la página siguiente.



El problema fundamental del análisis de un sistema de transporte consiste en predecir cambios en los flujos existentes. La predicción de flujos consiste en anticipar los efectos de una opción propuesta o un conjunto de ellas.

La especificación del sistema de transporte "T" y del sistema de actividades "A" en cualquier momento resulta en el patrón de flujos "F". Si a estas tres variables se añaden dos más: "S", las características de servicio recibidos por un o varios flujos particulares ( tiempo, costo de viaje, comodidad, etc. ) y "V", el volumen del flujo en la red, entonces la hipótesis básica de partida para abordar el problema de la predicción de flujos puede expresarse de la siguiente manera:

- i) Al especificar el sistema de transporte "T" se establecen funciones de servicio "J", las cuales indican la forma en que cambia el nivel de servicio en función de las opciones disponibles y del volumen de los flujos. Así, para un sistema de transporte específico, "T", el nivel de servicio experimentado por el usuario es función del volumen "V" total. Así:

$$S = J ( T , V ) \quad (1)$$

ii) Al especificar las opciones del sistema de actividades, "A", se establecen funciones de demanda "D", las que proporcionan el volumen de flujos como función de las opciones del sistema de actividades y del nivel de servicio ofrecido por el sistema de transporte. Así:

$$V = D ( A , S ) \quad (2)$$

iii) La configuración de los flujos "F", consiste de un volumen "V" de usuarios del sistema y de un nivel de servicio proporcionado a los usuarios:

$$F = ( V , S ) \quad (3)$$

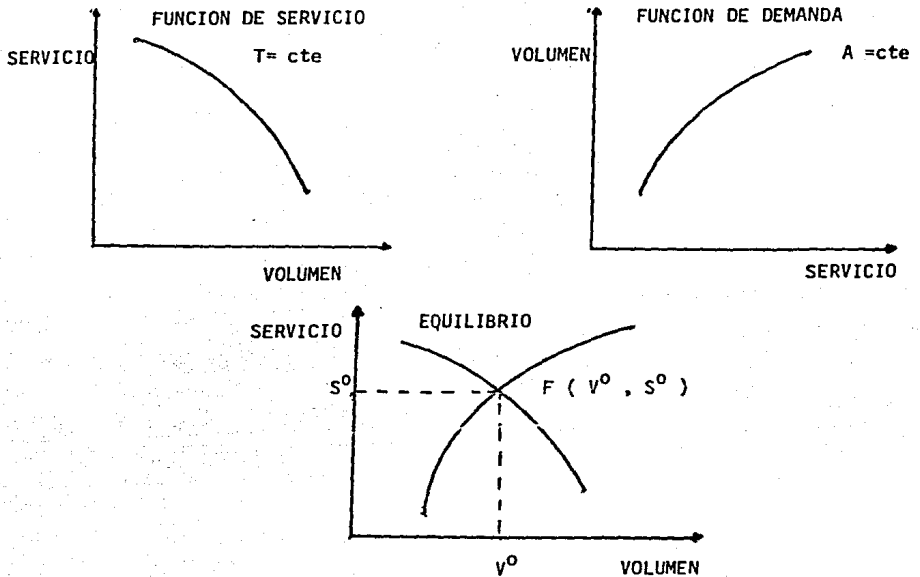
Para sistemas de transporte y de actividades dados, la configuración de los flujos que ocurrirá es  $F^0 = f ( T , A )$ , correspondiente al volumen  $V^0$  y al nivel de servicio  $S^0$  obtenidos mediante la solución de equilibrio de las ecuaciones (1) y (2):

$$\left. \begin{array}{l} S = J ( T , V ) \\ v = D ( A , S ) \end{array} \right\} \longrightarrow ( V^0 , S^0 )$$

Por ello, al especificar "T" y "A" se pueden obtener valores específicos del volumen  $V^0$  y del nivel de servicio  $S^0$ , correspondientes a la situación de equilibrio.

$$( T , A ) \longrightarrow ( J , D ) \longrightarrow [ F ( T , A ) = ( V^0 , S^0 ) ]$$

Suponiendo que tanto "V" como "S" son unidimensionales, la interpretación gráfica de la discusión anterior se muestra en la figura de la página siguiente. Como se ve en la primera figura, la función de servicio se comporta de la siguiente manera: si el sistema de transporte no varía, entonces al aumentar el volumen de usuarios "V" el nivel de servicio ofrecido "S" disminuye. Por ejemplo: al aumentar el volumen de vehículos en una carretera el tiempo de viaje será mayor, es decir, el nivel de servicio ofrecido en la carretera disminuye. En la segunda figura se ve como se comporta la función de demanda, y se advierte que al aumentar el nivel de servicio "S", el volumen también aumenta, porque a



un mayor nivel de servicio, mayor será el número de usuarios interesados en usar la instalación correspondiente. Por ejemplo, si una carretera se amplía de dos a cuatro carriles y el tiempo de viaje disminuye, el nivel de servicio ofrecido aumentará y el volumen de vehículos también será mayor.

El punto de intersección  $( V^0 , S^0 )$  que se muestra en la figura inferior, corresponde a la situación de equilibrio para "T" y "A" dados. El punto de equilibrio es el punto en el que coinciden demanda y calidad de servicio ofrecido. En el punto de equilibrio, el sistema es estable y no trata de desplazarse a otro punto. El equilibrio es un concepto fundamental en el análisis de sistemas de transporte porque une el aspecto de la demanda de transporte con el concepto de la calidad de los servicios ofrecidos.

## 5.2 DEMANDA.

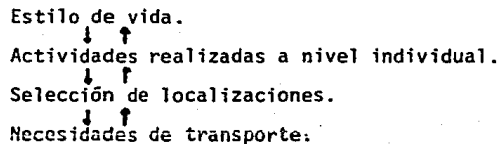
Una de la áreas más importantes del análisis de sistemas de transporte consiste en determinar la demanda de servicios de transporte. En el estudio de la relación entre las actividades socioeconómicas y las necesidades de transporte se pretende encontrar una medida de esas actividades, es decir, se busca predecir la cantidad de usuarios, por tipo, características y fin, que emplea un determinado medio de transporte, dado un conjunto de circunstancias. Así, el análisis de la demanda de transporte consiste en estudiarla a partir de las actividades socioeconómicas que la producen. El resultado de este análisis lo constituyen relaciones entre las medidas de las actividades y las medidas de demanda del transporte.

Como se vió al plantear el marco básico del análisis de sistemas de transporte, los cambios en el transporte de una región pueden modificar sus actividades sociales y económicas. En el corto plazo, estos cambios se reflejarán en modificaciones de los flujos, mientras que en el largo plazo afectarán la localización y quizá incluso la naturaleza misma de las actividades socioeconómicas, por lo que también afectarán los flujos. Por lo tanto para predecir la forma en que los individuos y las empresas responderán ante cambio propuestos, es preciso entender el comportamiento humano al respecto. Ese conocimiento se puede resumir en una función de demanda, que no es más que una representación del comportamiento de los usuarios.

El estudio de la demanda parte de las siguientes bases:

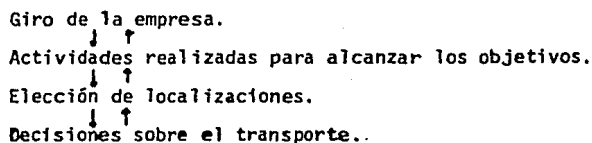
- i) La demanda de transporte está estrechamente ligada con el sistema de actividades, por lo que puede estudiarse empleando dos de las tres relaciones básicas propuestas: (1) la que se establece entre las actividades socioeconómicas existentes y la demanda de transporte a corto plazo; y (2) la que refleja la influencia del transporte en la distribución de las actividades a largo plazo.

- ii) La demanda de transporte es una demanda derivada, que parte de la necesidad de moverse para cumplir con un fin o propósito más amplio, perteneciente al sistema de actividades: "nadie se transporta por el simple gusto de hacerlo".
- iii) Para plantear el estudio de la demanda es necesario remitirse a aspectos básicos del contexto individual o empresarial que dan origen al transporte. En efecto, al nivel más elevado el individuo debe elegir el estilo de vida que prefiere y, en consecuencia el tipo de actividades que debe desempeñar. Para poder efectuar esas actividades el individuo debe estar en distintos lugares a distintas horas, lo que le lleva a seleccionar localizaciones específicas y convenientes, como su lugar de residencia o trabajo, lo que constituye otro nivel de decisión. Por último, para poder efectuar las actividades deseadas en las localizaciones elegidas, requiere tomar decisiones sobre dónde, cuándo y cómo viajar, es decir, debe efectuar decisiones sobre transporte.



En el ámbito de transporte de carga también se aprecia una jerarquía similar. Al nivel más alto, las empresas deciden qué producir, en qué mercados participar y con qué nivel de actividades ( venta, empleos, inversión ). Para efectuar las actividades económicas deseadas, la empresa debe decidir dónde ubicarse para producir y atender los mercados geográficos elegidos. A partir de estas decisiones surge la necesidad de transporte: qué productos transportar, de qué orígenes a qué destinos y por qué medios.





Para reducir la complejidad de las interacciones entre los sistemas de transporte y de actividades, se efectúa la siguiente hipótesis de trabajo: es factible separar los cambios de largo plazo de la localización y magnitud de las actividades socioeconómicas del comportamiento de corto plazo del mercado de transporte. En otras palabras, lo anterior significa que los problemas de corto y largo plazos se pueden separar, y por lo tanto es válido hablar de relaciones del tipo (1) y del tipo (2). Esto también se traduce en que es conveniente dividir la demanda total en dos. Por un lado, la función de demanda de transporte representa el comportamiento de los individuos o empresas y puede emplearse para predecir la forma en que éstos modificarán su selección de sistemas de transporte en función de cambios en las condiciones futuras. Por otro lado, la función de cambios de actividades también representa el comportamiento de empresas o individuos, pero es útil para predecir la forma en que éstos modificarán sus actividades o localizaciones en respuesta a cambios en las condiciones futuras. En general, la función de demanda de transporte se utiliza en problemas de corto plazo, mientras que la de cambio de actividades es útil en problemas de largo plazo.

El problema de la demanda del transporte puede ser estudiado bajo dos enfoques: a nivel individual o a nivel general, por lo que se distinguen dos métodos de pronósticos de demanda:

- 1) Métodos agregados, que predicen el comportamiento de grupos de consumidores ( grupos sociales, un país, etc. ) en respuesta ante cambios en las condiciones futuras del sistema.

- 2) Métodos desagregados, que predicen el comportamiento de un solo consumidor ante cambios en las condiciones futuras del sistema.

### 5.2.1 METODOS AGREGADOS.

La demanda de viajes en una región es el resultado de la decisión de múltiples individuos. Cada una de estas decisiones está basada en los motivos del viaje, las percepciones y preferencias de los individuos, y se relacionan con su entorno físico, social y económico.

A pesar de que la demanda colectiva no es más que la suma de todas las demandas individuales, la adopción de un enfoque de estudio basado en el análisis del individuo es, con frecuencia, impracticable, porque llegar a este nivel de análisis resulta muy oneroso. Los métodos agregados de la demanda salvan el obstáculo mencionado mediante el análisis de las demandas colectivas como "bloque" y no como suma de demandas individuales.

La forma de las funciones de demanda es:

$$V = D ( A , S )$$

donde "V" es un vector de volúmenes o número de consumidores que efectúan selecciones semejantes. "A" representa el vector de características sociales, económicas y otras del sistema de actividades. "S" es el vector de los atributos de servicio que caracterizan las opciones de transporte disponibles a los usuarios potenciales.

Como las funciones de demanda reflejan patrones de comportamiento, en general serán distintas para grupos socioeconómicos diferentes, por motivos de viaje y para diversos períodos. Así, es casi seguro que la función de demanda casa-trabajo de personas de altos ingresos en días entre semana será distinta de la función de demanda correspondiente a viajes de compras de personas de bajos ingresos durante los fines de semana.

En la práctica, estas diferencias se manifiestan y controlan mediante

la forma y los parámetros que intervienen en las funciones de demanda. Las formas básicas de las funciones de demanda son:

Lineal	$V = \alpha + \beta X$
Multiplicativa	$V = \alpha X^{\beta}$
Exponencial	$V = \alpha e^{\beta X}$
Logística	$V = \frac{\alpha}{(1 + e^{\beta X})}$

con  $\alpha$ ,  $\beta$  parámetros

"X" cualquier elemento de los vectores "S" o "A".

Estas formas funcionales son convenientes desde el punto de vista de su manipulación algebraica, así como de su calibración a base de principios estadísticos conocidos, como las técnicas de regresión lineal. Sin embargo, la elección de una forma funcional determinada no sólo es cosa de facilitar la calibración, ya que cada formulación implica una suposición distinta sobre la forma en que los consumidores responderán ante las posibilidades de elección disponibles.

### 5.2.2 METODOS DESAGREGADOS.

Como la respuesta particular de cada individuo ante situaciones cambiantes será distinta dependiendo de las características particulares de cada individuo, los métodos agregados no son lo exacto que se desearía, por lo que se ha argumentado que es mejor utilizar enfoques desagregados para el estudio de la demanda. Estos enfoques parten del análisis del comportamiento individual, sea a nivel de persona o de empresa.

Dada la complejidad de cada individuo y las diferencias entre sus preferencias y comportamiento en la toma de decisiones, se considera que el proceso de decisión de cada persona incluye los siguientes pasos.

- i) Identificación de alternativas disponibles, que consiste en plantear opciones de:

- medios disponibles y su capacidad
- rutas posibles
- momento de efectuar el traslado
- tipo de mercancía a transportar.

ii) Identificación y cuantificación de consecuencias asociadas con cada alternativa, expresados como elementos del vector  $S \{ S_1, S_2, \dots \}$ . Algunos ejemplos de consecuencias comúnmente utilizadas en estudios de transporte son las siguientes:

- Tiempo:
  - tiempo de recorrido
  - tiempo de maniobras
  - tiempo de espera, trasbordo
- Costos:
  - tarifa de transporte
  - costo generalizado de transporte
  - confiabilidad
- Conveniencia, comodidad:
  - servicio abordó
  - imagen
  - características ergonómicas del vehículo
  - nivel de uso

**Seguridad:**

- probabilidad de daño en tránsito
- probabilidad de accidente.

Por ejemplo, toda persona tiene el problema de ir a la escuela o al trabajo; para lograrlo, se plantea opciones relativas a:

- medios disponibles: metro, pesero, coche, camión o taxi.
- rutas disponibles: línea 1 ó 2 del metro, Periférico, Insurgentes, etc.

- momento para efectuar el traslado: de día, de noche, en la mañana, en la tarde, etc.

Una vez identificadas las opciones, se deben identificar sus respectivas consecuencias. Por ejemplo, si se eligió el camión, las posibles consecuencias son: tiempo de traslado a la parada, costo del tiempo de espera, tiempo de recorrido, costo de pasaje, nivel de limpieza, de comodidad, de seguridad, etc.

iii) Proceso de decisión: La tercera característica de un modelo de comportamiento individual se refiere al proceso de decisión del consumidor, es decir, a la forma en que manipula las alternativas disponibles y sus atributos para tomar una decisión. Para ello, se requiere tanto de una representación de las preferencias del decisor como de una caracterización del consumidor que permita tipificar el comportamiento de distintos grupos de consumidores. A continuación se presentan dos formulaciones usuales para un proceso de decisión. En la primera se supone que se cuenta con información perfecta y en la segunda intervienen elementos probabilísticos en el análisis.

Formulación n<sup>o</sup> 1.- en ésta se supone que se cuenta con información "perfecta", es decir, que se conocen todas las alternativas y sus atributos, y que el decisor adopta el siguiente proceso de decisión:

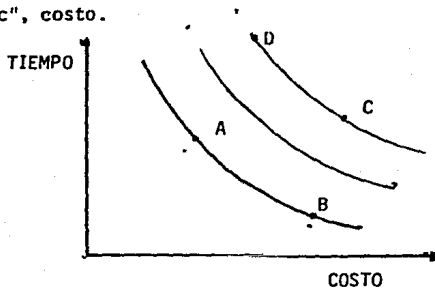
- a) formula sus preferencias;
- b) identifica las alternativas posibles;
- c) cuantifica las consecuencias de cada alternativa;
- d) selecciona una alternativa.

Como ayuda en la evaluación de opciones y en la toma de decisiones se utiliza el concepto de utilidad, que es una medida adimensional que refleja el valor de cada alternativa ante las preferencias del decisor.

La formulación explícita de las preferencias se lleva a cabo me-

dian­te curvas de in­di­fe­ren­cia, en las que se ubican todas las posibles combinaciones que resultan indiferentes al consumidor.

Por ejemplo, en la figura, se presenta un conjunto de curvas de in­di­fe­ren­cia para los atributos de servicio más comunes, "t", tiempo de viaje y "c", costo.



Para las alternativas ubicadas sobre la misma curva, el consumidor se declara indiferente. Sin embargo, tiene preferencias bien claras para alternativas ubicadas en distintas curvas. Así, el consumidor se declara indiferente entre "A" y "B" en virtud de que ambas combinaciones se ubican sobre la misma curva, caracterizada porque todas las alternativas tienen la misma utilidad para el consumidor. Sin embargo, "A" como "B" se prefieren a "C", ya que esta alternativa presenta tanto tiempos como costos mayores, lo que es claramente indeseable. "B" también se prefiere a "D" a pesar del menor costo de esta última, ya que el superior tiempo de "D" es mucho menos deseable que el escaso ahorro que se obtiene a cambio.

Los conceptos de utilidad y curvas de indiferencia están apoyados en las teorías económicas donde se encuentran ampliamente desarrollados, por lo cual no se profundiza en su estudio, además su tratamiento particular no es tema de este trabajo.

La representación funcional de las curvas de indiferencia sirve

para facilitar la obtención de la utilidad de un decisor cuando se presentan condiciones semejantes. Pueden representarse funcionalmente curvas de utilidad como las anteriores por medio de la relación:

$$U = \alpha t^{\beta} c^{\gamma}$$

donde:

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  son parámetros.

"t", "c" son los atributos o criterios de evaluación de las alternativas, tiempo y costo.

Esta formulación no siempre es adecuada por los siguientes motivos:

- a) En términos prácticos, es difícil la cuantificación de preferencias y su uso a nivel colectivo.
- b) El conjunto de atributos para caracterizar las opciones nunca estará completo.
- c) Es imposible identificar todas las opciones disponibles o factibles.
- d) No toma en cuenta la aleatoriedad en la toma de decisiones.

Sin embargo, la formulación anterior es útil cuando se conocen: las alternativas disponibles al consumidor; los atributos de cada alternativa y la función de utilidad del consumidor. Este proceso de de ci si ó n se apoya en la definición de utilidad y en las curvas de indife re nc ia, ya que de acuerdo con sus preferencias, el consumidor elegirá aquella alternativa que tenga la mayor utilidad.

Formulación n<sup>o</sup> 2.- Si se supone que no se dispone de información perfecta, ya que no se conocen todas las alternativas ni todos sus atributos, es decir, que en el proceso intervienen elementos aleatorios o probabilís t i c o s, podemos representar las función de utilidad como:

$$U = \alpha + \beta t + \gamma c + \epsilon$$

donde  $\epsilon$  es un término que permite introducir los factores aleatorios

en la decisión, es una variable aleatoria que representa un error probabilístico que puede atribuirse a tres factores

- a) Posibilidad de que existan atributos de servicio importantes que no hayan sido suficientemente ponderados en el cálculo de utilidades, por ejemplo: comodidad, seguridad, etc.
- b) Inadecuada percepción de todas las alternativas disponibles, o posesión de información incorrecta sobre sus atributos.
- c) Existencia de elementos aleatorios intrínsecos dentro del proceso de decisión, debido a variaciones diarias de las preferencias, como por ejemplo las debidas al clima.

Para efectos prácticos, se supone que  $\epsilon$  tiene una distribución probabilística determinada. Introduciendo el factor  $\epsilon$ , el resultado práctico es que no se sabe con precisión cuál será la alternativa elegida por el consumidor, ya que no se sabe la utilidad que asignará a cada una de ellas. Esto implica que se debe hablar de la probabilidad de que el individuo seleccione una alternativa determinada, y no de la alternativa que el consumidor elegirá con seguridad acorde a sus preferencias

Los métodos agregados tienen la ventaja de ser más sencillos de usar, pero no son tan completos como los métodos desagregados, que a su vez tienen el inconveniente de la cantidad de información que requieren, además de requerir análisis más complicados.

### 5.2.3 MODELOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO.

Un enfoque muy utilizado para modelar la demanda de transporte urbano es el conocido como sistema de modelos de transporte urbano (UTMS). Este sistema se usa para predecir los viajes realizados dentro de un área urbana según su



tipo ( de trabajo, de placer, etc. ) y su origen-destino, el medio de transporte utilizado y las rutas utilizadas. El resultado del sistema lo constituye un conjunto de flujos en los arcos de una red.

El sistema trabaja con modelos agregados de demanda, por lo que requiere de una zonificación del área en estudio, de modo que se pueda suponer que cada zona está formada por grupos de consumidores con preferencias y características análogas que por tanto responderán de la misma manera ante situaciones cambiantes en el sistema.

El UTMS consiste de cuatro etapas fundamentales, representadas cada una de ellas por un determinado tipo de modelos:

- a) Generación de Viajes.- Es la predicción del número de viajes producidos y atraídos por una zona; esto es, el número de viajes terminados dentro de cada zona estudiada. En otras palabras, la generación de viajes es una fase del análisis en la que se predice la magnitud de los flujos totales hacia dentro y hacia fuera de cada zona en estudio, pero no se predice su procedencia ni su destino final.
- b) Distribución de Viajes.- Es la predicción de los orígenes y destinos que tendrán los viajes generados en cada zona. En estos modelos se establece la conexión entre la zona en estudio y aquellas de las que proceden o a las que se dirigen los viajes generados en la zona en estudio. Los modelos de distribución más frecuentes son los gravitacionales, que se describen más adelante. La tarea de los modelos de distribución de viajes es la de repartir o distribuir los destinos de los viajes zonales entre todas las demás zonas, con el objeto de predecir el flujo de viajes  $T_{ij}$  de cada zona generadora "i" hacia cada zona de atracción "j".
- c) Distribución Modal.- Una vez conocidos los volúmenes de los viajes entre cada zona de origen y cada zona de destino, estos modelos intervienen para predecir el porcentaje de cada flujo que utilizará un modo determinado ( auto, me-

tro, etc. ) de los disponibles entre cada par origen-destino.

- d) Asignación de Viajes.- Consiste en la asignación de los flujos modales predichos para cada par origen-destino en las rutas que conforman la red. Esta asignación pueda hacerse a través de técnicas de mínimo tiempo de viaje, restricciones por capacidad o por asignación estocástica; los resultados que se obtienen constituyen, de hecho, el resultado final del sistema UTMS, y consisten en la determinación del volumen de viaje que pasa por un arco determinado en un medio de transporte específico.

Las cuatro etapas del UTMS corresponden a un proceso de decisión, según el cual los usuarios deciden hacer un viaje ( generación ), a donde ir ( distribución ), qué modo usar (distribución modal) y qué ruta usar ( asignación ). El objetivo de los estudios de UTMS es el de planear mejor las facilidades de transporte requeridas en regiones urbanas y se usan especialmente para analizar los impactos en el tráfico o flujos ante cambios en las instalaciones de transporte y las capacidades de atracción de las zonas. Cabe señalar que los resultados que se obtienen no son definitivos ya que deben afinarse mediante estudios de detalle más precisos. Sin embargo, son útiles para la planeación de mediano y largo plazo.

#### 5.2.4 MODELOS GRAVITACIONALES.

Estos modelos son clásicos en el estudio de la demanda de sistemas de transporte, y se basan en una analogía con la ley de la Gravitación Universal de Newton, según la cual " La fuerza de atracción entre dos cuerpos en el espacio es directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa", es decir,

$$F_{12} \approx \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

donde:

$m_1$  = masa del cuerpo 1.

$m_2$  = masa del cuerpo 2.

$d$  = distancia entre el cuerpo 1 y el 2.

$F_{12}$  = fuerza de atracción entre el cuerpo 1 y el 2.

De acuerdo con esta analogía, se supone que el volumen de movimientos entre dos zonas es directamente proporcional al tamaño de sus sistemas de actividades ( PIB, población, etc. ) e inversamente proporcional a la calidad de los servicios de transporte provistos para despalzarse entre las zonas ( tiempo de viaje, costos, etc. ). Por tanto,

$$V_{kd} = Y_k Z_d L_{kd}$$

donde:

$V_{kd}$  = volumen de movimientos entre las zonas "k" y "d".

$Y_k$  = medida de la intensidad de las actividades de la zona "k".

$Z_d$  = medida de la intensidad de las actividades de la zona "d".

$L_{kd}$  = Efecto de los atributos de servicio de transporte sobre la demanda de movimientos entre "k" y "d".

Usualmente

$$L_{kd} = t_{kd}^{\alpha_1} c_{kd}^{\alpha_2}$$

con:

$t_{kd}$  = tiempo de viaje entre las zonas "k" y "d".

$c_{kd}$  = costo de transporte entre las zonas "k" y "d".

$\alpha_1, \alpha_2$  = parámetros de ajuste.

Por ejemplo, supongase que las localidades 1 y 2 tienen poblaciones  $P_1 = 80\ 000$  habitantes y  $P_2 = 31\ 000$  habitantes y se sabe que el tiempo de recorrido entre ellas es de 2 horas. En base a los flujos existentes entre las localidades 1 y 2 se ha podido calibrar un modelo gravitacional de la forma siguiente:

$$V_{12} = \beta \frac{P_1^{1.3} P_2^{1.2}}{t^2}$$

donde:

$P_1$  = población de la localidad 1.

$P_2$  = población de la localidad 2.

$t$  = tiempo de viaje.

$V_{12}$  = volumen de viaje entre la localidad 1 y la 2, expresado en viajes por día.

$\beta = 1 \times 10^{-9}$  = parámetro de proporcionalidad.

¿Cuál será el volumen de usuario que van de 1 a 2 ?

Sustituyendo valores en la fórmula tenemos:

$$V_{12} = (1 \times 10^{-9}) (80\ 000)^{1.3} (31\ 000)^{1.2} / (2)^2 = 145 \text{ Viajes/día}$$

es decir, habrá un volumen de usuarios de 145 viajes/día entre las localidades 1 y 2.

Por lo general, los modelos gravitacionales se emplean para predecir no tanto la magnitud de viajes que se realizarán sino más bien los destinos que se seleccionarán. Si por ejemplo se divide una región en  $N$  zonas y se sabe que un total de  $V_k$  viajes se originarán en la zona "k", entonces el problema consiste en saber cuantos de esos viajes terminarán en la zona "d". Eso puede determinarse con un modelo gravitacional de la forma:

$$V_{kd} = \frac{Z_d L_{kd}}{\sum_{d'=k} Z_{d'} L_{kd'}}$$

si ahora se tienen tres ciudades con  $P_1=100\ 000$  hab.  $P_2=150\ 000$ , y  $P_3=175\ 000$  hab. y se sabe que el volumen que sale de 1 es  $V_1=500$  viajes/día, y el tiempo de viaje entre 1 y 2 es  $t_{12}=2$  hr. y  $t_{13}=2.5$  hr. se tiene entonces:

$$V_{kd} = V_{12} = V_1 \frac{Z_2 L_{12}}{Z_2 L_{12} + Z_3 L_{13}}$$

donde  $L_{kd} = t_{kd}$ , sustituyendo tenemos:

$$V_{12} = 500 \frac{150\ 000 (2)}{150\ 000 (2) + 175\ 000 (2.5)}$$

$$V_{12} = 500 (0.405) = 203 \text{ viajes/dfa.}$$

es decir, que de los 500 viajes generados en la localidad 1 solo 203 tendrán por destino la población 2.

### 5.2.5 ELASTICIDADES.

Por lo general, el incremento del precio o del tiempo de viaje de un servicio de transporte determinado, provocan una reducción en el volumen de demanda, porque se espera que a un precio mayor serán menos los usuarios dispuestos a pagar por ese servicio de transporte. Sin embargo, esta información es insuficiente para conocer la forma en que el cambio propuesto se refleja en los volúmenes de usuarios, por lo que se requieren medios analíticos apropiados para estudiarlo. De hecho, interesan dos propiedades del cambio en el comportamiento: su dirección y su magnitud. La primera propiedad se distingue analizando qué sucedería con el volumen al incrementar el precio o el tiempo de viaje. En general, cualquier decremento en la calidad de servicio repercute negativamente en el volumen transportado. La segunda propiedad se examina observando qué sucedería con el volumen ante un incremento determinado en el precio o el tiempo de viaje: ¿se registrará una reducción de igual magnitud? ¿mayor? ¿menor?

Las elasticidades permiten estudiar tanto la dirección como la magnitud de cambios en la demanda provocados por variaciones en las condiciones de oferta. La elasticidad de la demanda con respecto a otra variable, como costo, está definida como la tasa de cambio de la demanda respecto a esa variable. Matemáticamente, si "V" representa el volumen actual de demanda y "X" el valor de la variable de interés, entonces la elasticidad de la demanda con respecto a "X",  $E_X(V)$  queda definida como:

$$E_X(V) = \frac{\partial V}{\partial X} \frac{X}{V}$$

e indica en qué porcentaje se modifica "V" cuando "X" cambia en un por ciento.

La magnitud relativa de las elasticidades es importante para conocer qué tan amplio es el efecto del cambio porcentual examinado. La elasticidad refleja tres tipos de comportamiento, que son:

- i) Comportamiento Inelástico ( bienes de primera necesidad ): cuando el cambio en "V" es menor que el cambio en "X":

$$|E_X(V)| < 1$$

es decir, un cambio en un por ciento en "X" repercute en un cambio en "V" de menos de un por ciento.

- ii) Comportamiento Elástico ( bienes suntuarios o de lujo ): cuando el cambio en "V" es mayor que el cambio en "X" :

$$|E_X(V)| > 1$$

es decir, un cambio de un por ciento en "X" repercute en más de un por ciento en "V".

- iii) Comportamiento Perfectamente Elástico: cuando el cambio en "V" es igual que el cambio en "X" :

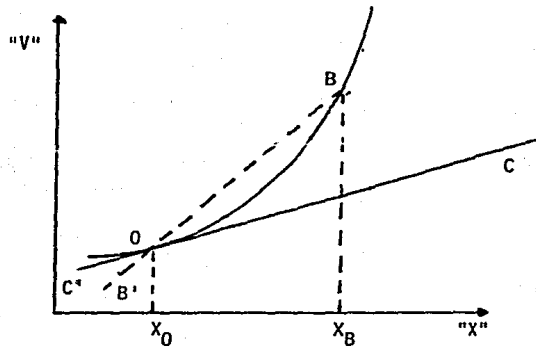
$$|E_X(V)| = 1$$

En general, cuando existe un comportamiento elástico, se dice que "X" afecta "mucho" a "V"; si el comportamiento es inelástico, entonces "X" afecta "poco" a "V".

La elasticidad puede ser de dos tipos: elasticidad punto o elasticidad arco. La primera es aquella a la que se ha referido y para su cálculo se requiere contar con una función de demanda. La elasticidad arco es útil cuando no se tiene definida una función de demanda completa y sólo se tienen datos relativos a dos puntos, es decir, cuando no se cuenta con una función de demanda completa sino sólo con dos puntos de ella. La elasticidad arco se define como:

$$E_X(V) = \frac{\Delta V}{\Delta X} \frac{X}{V}$$

En la figura se observa que la elasticidad punto es proporcional a la pendiente de la tangente a la curva en O, C-O-C', y que la elasticidad arco es proporcional a la pendiente de la recta que une los puntos O y B, B-O-B'. Al acercarse  $X_0$  a  $X_B$ , es decir, al moverse rumbo al límite cuando  $\Delta X \rightarrow 0$ , ambas elasticidades son iguales.



Las elasticidades también pueden indicar interrelaciones entre variables, en cuyo caso reciben el nombre de elasticidades cruzadas. Por ejemplo, si se tiene:

$$V_k = \alpha S_k^\beta S_r^\gamma$$

donde:

$V_k$  = volumen de demanda del modo "k".

$S_k$  = características de servicio del modo "k".

$S_r$  = características de servicio del modo "r".

$\alpha, \beta, \gamma$  = parámetros.

Entonces la elasticidad directa, que es aquella a la que se ha hecho referencia anteriormente, será:

$$E_{kk} = \frac{\partial V_k}{\partial S_k} \frac{S_k}{V_k} = \frac{\alpha \beta S_k^{\beta-1} S_r^{\alpha} S_k}{\alpha S_k^{\beta} S_r^{\alpha}} = \beta$$

que se refiere a cambios en el volumen que selecciona el medio de transporte "k" con respecto a cambios en el nivel de servicio de ese mismo medio de transporte. La elasticidad cruzada se calcula como:

$$E_{kr} = \frac{\partial V_k}{\partial S_r} \frac{S_r}{V_k} = \frac{\alpha^{\alpha} S_k^{\beta} S_r^{\alpha-1} S_r}{\alpha S_k^{\beta} S_r^{\alpha}} = \alpha$$

que refleja el porcentaje en el que cambia el volumen que selecciona el medio "k" cuando se registra un cambio de un por ciento en el nivel de servicio del medio "r", es decir, indica la forma en que cambia el volumen de una alternativa ante cambios en las características de otra opción.

El estudio de las elasticidades obtenidas en un problema determinado permite llegar a conclusiones relativas al comportamiento representado por las funciones de demanda.

Los métodos llamados Métodos del Pivote sirven para efectuar predicciones incrementales de la demanda en forma sencilla, cuando se desconocen las funciones de demanda completas. El punto de partida de estos métodos se halla en la definición de elasticidad arco, que sirve para plantear el desarrollo siguiente

$$E_X(V) = \frac{\Delta V}{\Delta X} \frac{X}{V}$$

Esto significa que, dada una condición inicial ( $X^0$ ,  $V^0$ ) y un cambio  $X$ , el cambio correspondiente en "V" se puede estimar como:

$$\Delta V = V^0 E_X(V) \frac{\Delta X}{X^0}$$

Por ejemplo, si se conoce la elasticidad de la demanda ante cambios en la tarifa del transporte público, un modelo simple para predecir el efecto de ese cambio en la demanda sería:



$$\Delta V = V^0 \frac{\Delta c}{c^0} E_C(V)$$

con:  $V^0$ ,  $c^0$  = condiciones iniciales de costo y de volumen;

$E_C(V)$  = Elasticidad de "V" con respecto a "c";

$\Delta c$  = incremento de costo;

$\Delta V$  = incremento de volumen,

Este método tiene la ventaja de que permite obtener resultados rápidos y con poca información, pero tiene la gran limitación de que se trata de un método aproximado, cuya exactitud y confiabilidad disminuye mientras mayores son los cambios que se analizan.

Ejemplo: si se tiene una función de demanda de la forma:

$$V = 1000 c^{-2}$$

donde V = volumen de demanda;

c = costo de transporte en pesos.

La elasticidad de "V" con respecto a "C", se calcula como:

$$E_C(V) = (\partial V / \partial c) (c / V) =$$

$$E_C(V) = 1000 (-2) c^{-3} c / (1000 c^{-2}) = -2$$

Si las condiciones iniciales son:

$V^0$  = 1500 pasajeros.

$c^0$  = .30 pesos.

¿ Qué disminución de volumen puede esperarse, si el costo aumenta a 32 pesos ?

Utilizando el método del pivote se tiene que:

$$\Delta V = V^0 \frac{\Delta c}{c^0} E_C(V)$$

$$\Delta V = 1500 \frac{(32 - 30)}{30} (-2) = -200$$

el volumen final será entonces:

$$\Delta V = V - V^0 = -200$$

$$V = -200 + V^0 = 1300 \text{ pasajeros.}$$

Lo anterior verifica que un aumento en la tarifa traerá como consecuencia una disminución del volumen, ya que la elasticidad del volumen respecto al costo es negativa. Además, se observa un comportamiento de tipo elástico, pues un aumento de 6.66% en el costo provoca una disminución de 13.33% en el volumen. Esto era de esperarse, ya que el valor absoluto de la elasticidad es mayor que 1.

Cabe señalar que los métodos del pivote, aunque son útiles, suponen que la elasticidad es constante; además, dado que utilizan elasticidades arco, el error implícito en su uso aumenta con rapidez según la magnitud del cambio. A pesar de ello, estos modelos se emplean por lo general cuando se requieren predicciones simples, ya sea por limitaciones en la información disponible o en el tiempo concedido para efectuar el análisis. La razón de ello radica en que conocidas unas condiciones iniciales ( $X^0$ ,  $V^0$ ), el analista solo requiere contar con una estimación de  $E_X(V)$  para poder calcular la variación en "V" como resultado del cambio en "X". El valor de  $E_X(V)$ , sin embargo, solo se refiere a un atributo, pues la introducción de más variables de servicio complica incesantemente el análisis.

En general, las elasticidades tienen limitaciones, ya que son valores que representan abstracciones de la curva de demanda, pero que están basados en información muy limitada. Sin embargo, aceptando su naturaleza de medidas aproximadas, frecuentemente tienen la consistencia suficiente para proporcionar información sobre el comportamiento de las variables en la función de demanda.

### 5.3 OFERTA.

En microeconomía, la oferta se define como la cantidad de un bien que un proveedor ofrece en el mercado a un precio determinado. Es, como la demanda, una relación entre la cantidad y el precio. La definición anterior es especialmente aplicable cuando el precio es la variable de servicio más importante, co-

sa que no sucede siempre en el caso de los sistemas de transporte, en los que existen otras variables de servicio de interés. Para superar esa dificultad, se utilizan las funciones de servicio que indican como se modifican las variables de servicio ante cambios en el sistema.

La oferta de transporte depende, como ya se dijo, de la tecnología y las estrategias operacionales empleadas, del costo del servicio y el precio al que se puede vender, entre otros factores. En el análisis de los servicios de transporte, la oferta presenta al menos tres dimensiones: la primera se refiere al concepto de rendimiento del sistema, es decir, al tiempo de viaje, los recursos consumidos y la capacidad provista por un sistema cualquiera para una inversión, una estrategia de operación y un nivel de demanda determinados.

La segunda dimensión abarca la problemática de los costos, e implica el uso de funciones de costo representativas para determinadas instalaciones de transporte. Por último, la tercera dimensión se refiere a los efectos de las opciones analizadas, que a veces se consideran como costos dentro del análisis (energía consumida) o en otras ocasiones como variables de interés para la evaluación (ruido, calidad del aire, etc.).

Los sistemas de transporte son muy complejos, por lo que pueden analizarse de muchas maneras distintas. En general, el punto de vista adoptado dependerá de los objetivos del análisis. Desde el enfoque del analista, el objetivo consiste en entender el funcionamiento del sistema de transporte para poder predecir los efectos de cambios propuestos al sistema. Para los usuarios, el servicio reviste la mayor importancia, ya que su nivel determina la forma en que ellos responderán al sistema. Sin embargo, tanto usuarios como operadores y otros grupos se interesan por la cantidad de recursos consumidos. Estas dos áreas de preocupación constituyen el punto fundamental del análisis del sistema de transporte, ya que al discutir arcos, vehículos, instalaciones o redes, lo que en realidad se busca determinar es la forma en que éstos influyen en los

niveles de servicio y en los recursos consumidos.

### 5.3.1 FUNCIONES DE RENDIMIENTO.

El problema del funcionamiento de todo sistema de transporte se puede resumir como sigue: dado un sistema "T" y un conjunto de cambios  $\Delta T$ , lo que interesa es predecir los efectos del cambio introducido, tanto para el usuario como para el operador. En el primer caso, interesa saber la forma en que cambian los niveles de servicio al cambiar "T", ya que combinando ese conocimiento con funciones de demanda apropiadas se puede predecir la respuesta de los usuarios. En el segundo caso es preciso conocer de qué manera cambian los recursos utilizados, ya que a partir de ello se pueden identificar los grupos afectados y la magnitud en que resultan serlo. Bajo el punto de vista del usuario "U" lo más importante es el nivel de servicio "S", mientras que para el operador importan los recursos "R" y también el nivel de servicio "S".

El transporte se puede concebir como un proceso en el que se consumen recursos escasos para producir servicios de transporte en un contexto determinado. Esto se puede caracterizar mediante una función de rendimiento,  $\phi$ , que depende de cinco variables:

T = Sistema de transporte;

V = Volumen que usa el sistema, donde  $V = (S, A)$ ;

E = Contexto dentro del cual funciona el sistema;

S = Nivel de servicio recibido por los usuarios del sistema;

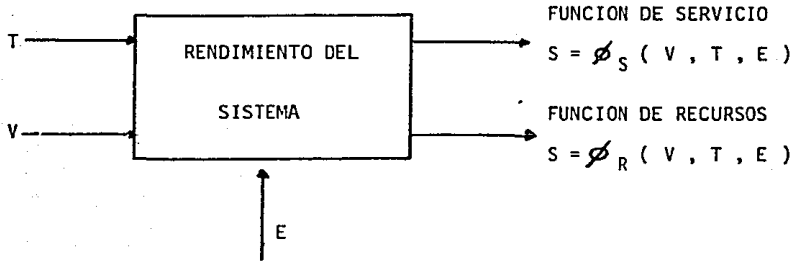
R = Recursos consumidos al producir un servicio de transporte.

La función  $\phi$  frecuentemente se desglosa en una función de servicio,  $\phi_S$ , y una función de recursos,  $\phi_R$ . Así,

$$S = \phi_S (V, T, E)$$

$$R = \phi_R (V, T, E),$$

lo que se esquematiza en la figura siguiente:



Las funciones de rendimiento se utilizan con dos propósitos fundamentales:

- a) Predicción del volumen de equilibrio, junto con una función de demanda; y
- b) Análisis sistemático de opciones.

#### 5.3.1.1 Análisis de Equilibrio.

Consiste en determinar el cambio que se registrará en el volumen de usuarios y el nivel de servicio ante modificaciones del sistema de transporte. Como se dijo, el objetivo del análisis de equilibrio es predecir el volumen de equilibrio utilizando conjuntamente la función de demanda y la función de servicio.

Los principales puntos de partida para el análisis de equilibrio son:

- i) En general, el volumen que hace uso del sistema es distinto del volumen máximo que ese mismo sistema podría atender, así como del volumen de diseño preespecificado.
- ii) El volumen depende del nivel de servicio ofrecido, y esa dependencia está dada por una función de demanda explícita.

Para plantear el marco de análisis se requieren las siguientes definiciones:

$V_e$  = Volumen de equilibrio, que es el volumen real de usuarios en el sistema;

$V_C$  = Volumen de capacidad, que es el volumen máximo que puede atender el sistema;

$V_D$  = Volumen de demanda, que es el volumen de usuarios que desearía hacer uso del sistema bajo ciertas condiciones.

El volumen de demanda, que en general es distinto del volumen de capacidad, está dado por la función:

$$V_D = f ( S_D )$$

Para que exista equilibrio deben satisfacerse simultáneamente las ecuaciones siguientes, representativas del volumen de equilibrio y del nivel de servicio que se ofrece a ese volumen:

$$V_E = f ( S_E )$$

$$S_E = f ( T ; V_E )$$

Sin embargo,  $V_E$  debe satisfacer la restricción:

$$V_E = \min [ V_C , f_D ( S_E ) ] ,$$

ya que el volumen de equilibrio no puede exceder a la capacidad.

La relación existente entre  $V_E$  y  $V_C$  puede reflejarse por medio del factor de ocupación  $\lambda$ , definido como:

$$\lambda = \frac{V_E}{V_C}$$

El factor de ocupación  $\lambda$  refleja qué porción de la capacidad es utilizada por los volúmenes de equilibrio. Una vez determinado el volumen de equilibrio el nivel de los recursos consumidos por el sistema se puede calcular con una función de la forma:

$$R = \phi_R ( V_E , T )$$

### 5.3.1.2 Análisis Sistemático de Opciones.

Un segundo campo de aplicación de las funciones de rendimiento consiste en explorar sistemáticamente la forma en que los cambios al transporte afectan los intereses de usuarios y operadores. Si solo se consideran los efectos del cambio del sistema de transporte "T" sobre los operadores y los usuarios, la

función de rendimiento  $\phi$  puede utilizarse para emprender análisis sistemáticos de los efectos en "S" y "R" producidos por el cambio en "T".

El desarrollo del análisis comprende las siguientes etapas:

- i) Especificar "T";
- ii) Disponer de una función de demanda que permita obtener  $V_D$ ;
- iii) Calcular  $V_E$ ;
- iv) Determinar los efectos sobre los operadores.

Para iniciar el análisis es necesaria una representación explícita del sistema de transporte por medio de una función de rendimiento, de modo que los niveles de servicio y los recursos consumidos sean función de las opciones disponibles y del volumen de servicio. Se comparan las opciones determinando el volumen de equilibrio, para lo que es necesario utilizar una función de demanda explícita. Después se evalúan los efectos en los operadores y los usuarios en términos de los volúmenes de equilibrio, los niveles de servicio, los recursos consumidos, los costos y los ingresos. Por último, se varían sistemáticamente las opciones para obtener los intercambios entre los intereses de los usuarios y de los operadores.

Es frecuente que la obtención de  $V_D$  se complique porque no se conoce ni la función ni el comportamiento de la demanda, por lo cual se cuenta con métodos alternativos para obtener  $V_D$ , mismos que se describen a continuación:

- i) Suposición del Factor de Carga.

Consiste en suponer el valor del factor de carga  $\phi$  de ocupación y en utilizarlo para calcular el volumen de equilibrio y poder estimar los efectos de interés. Por ejemplo, el volumen de equilibrio se puede calcular suponiendo que  $\lambda = \lambda^*$ , mediante la fórmula:

$$V_E = \lambda^* V_C,$$

y después se calculan los costos y los ingresos suponiendo, por ejemplo, que los costos y los ingresos son funciones lineales del volumen de usua-

rios.

Para ilustrar la aplicación de este método simplificado se plantea el siguiente ejemplo:

Una línea aérea que opera entre las ciudades "A" y "B" posee aviones para 100 pasajeros. Si se desea calcular el número de vuelos requeridos por día para satisfacer un volumen de demanda de 300 pasajeros diarios, según el método descrito puede suponerse un factor de carga cualquiera. Si  $\lambda = 0.7$ , entonces:

$$V_E = 0.7 V_C = (0.7)(100) = 70 \text{ pasajeros.}$$

como el volumen de usuarios es de 300, se necesitan:

$$300 / 70 = 4.5 = 5 \text{ vuelos por día,}$$

ya que no es posible tener 4.5 vuelos diarios.

ii) Suposición del Nivel de Servicio.

Otro método simplificado consiste en partir de la suposición de que se logran ciertos niveles de servicio deseados, para después usar la función de rendimiento para buscar qué opción puede ofrecer ese nivel de servicio. Si, por ejemplo, la variable tiempo de viaje se usa para caracterizar el nivel de servicio, entonces el tiempo de viaje en las condiciones de equilibrio será igual a un tiempo conocido.

Por ejemplo, si una compañía naviera tiene una flota de cuatro barcos que hacen recorridos de 60 días de duración, y la frecuencia de salida de las naves es de 15 días, entonces se sabe que el tiempo máximo de espera de los productos en el puerto es de 15 días. Si se desea mejorar la frecuencia de servicio a un viaje cada diez días, el número necesario de barcos será:

$$\begin{aligned} \text{Número de barcos} &= \text{tiempo de viaje} / \text{frecuencia de servicio} \\ &= 60 \text{ días} / 10 \text{ días} = 6 \text{ barcos,} \end{aligned}$$

esto es útil para determinar, por ejemplo, si la reducción del costo del



tiempo de espera es suficiente para justificar el gasto de dos barcos nuevos.

iii) Suposición del Volumen de Capacidad.

Un tercer método simplificado consiste en partir de una capacidad deseada  $V_C^*$  y en usar la función de rendimiento para la búsqueda de una solución satisfactoria. En ese caso,

$$V_C = V_C^*$$

Para ejemplificar el uso de este método, supongase que el número de usuarios servidos por una línea aérea es de 500 pasajeros, que sus aviones transportan un máximo de 90 pasajeros por vuelo y que todos ellos van llenos. ¿Cuál es la frecuencia de viajes que debe ofrecer la línea aérea para satisfacer esta demanda?

Como la capacidad, en número de pasajeros totales, está dada por:

$$\text{Capacidad} = (\text{frecuencia}) (\text{número de pasajeros por viaje}),$$

la frecuencia será:

$$\begin{aligned} \text{frecuencia} &= \text{Capacidad} / \text{número de pasajeros por viaje,} \\ &= 500 / 90 = 5.5 = 6 \text{ viajes.} \end{aligned}$$

es decir, se necesitan 6 viajes para satisfacer la demanda.

La ventaja de estos métodos radica en que a pesar de que no se conoce una función de demanda explícita, la suposición que se realice permite superar ese obstáculo y obtener los parámetros de rendimiento deseados. Sin embargo, los métodos tienen el inconveniente de que son simplistas en exceso, por lo que la confiabilidad de los resultados no es muy elevada.

En resumen, se pueden hacer los siguientes comentarios al análisis de funciones de rendimiento:

- i) Todo conjunto de opciones involucra intercambios ("trade-offs") entre los niveles de servicio y el consumo de recursos, lo que lleva aparejados in-

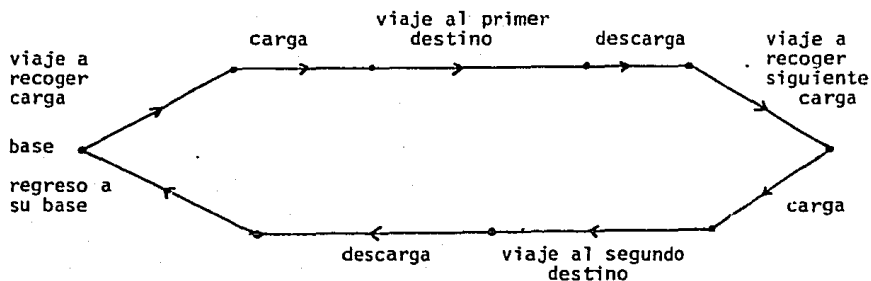
- tercambios entre los intereses de los usuarios y de los operadores.
- ii) Dada la variación en los volúmenes de equilibrio y la capacidad del sistema analizado, los factores de carga serán variables.
  - iii) El rendimiento de todo sistema depende de la política operacional seguida. La comparación entre opciones operativas puede llevarse a cabo con base en indicadores tales como ingresos brutos y netos, así como costos totales.
  - iv) Existe incertidumbre en torno a las variables manejadas en el análisis, por lo que conviene efectuar análisis de sensibilidad para determinar el grado de variación de los resultados ante distintas situaciones.

### 5.3.2 CICLO VEHICULAR.

En cualquier sistema de transporte, los vehículos se mueven a través de una red. Dada la complejidad del sistema, que involucra distintas rutas, orígenes y destinos, trayectorias vehiculares en tiempo y espacio, etc., conviene estudiarlo inicialmente desde el punto de vista del ciclo vehicular, ya que en la mayor parte de los sistemas de transporte el vehículo desempeña un papel fundamental. El vehículo es la mínima unidad posible para proveer servicios de transporte, y el análisis de las operaciones de un vehículo es un punto de partida conveniente para posteriormente llevar a cabo análisis más complejos. De hecho, el ciclo vehicular es el conjunto de movimientos y desplazamientos que efectúa un vehículo antes de regresar a un punto determinado como origen.

Por ejemplo, el ciclo vehicular de un camión de carga, visto desde el punto de vista del operador, podría ser el mostrado en la figura de la página siguiente.

Los tres componentes del ciclo vehicular son: El ciclo operacional, el ciclo de servicio y el ciclo anual.



El ciclo operacional se inicia y finaliza en una base de operaciones, que puede ser una terminal permanente o temporal; incluye los tiempos en que el vehículo viaja cargado o vacío, los tiempos de colocación, de carga y descarga, de servicio operacional, de procesamiento, holgura en horarios y otros que se describen más adelante. El ciclo de servicio empieza y termina en una base de mantenimiento en la que el vehículo recibe la conservación periódica que requiere para mantenerlo en buen estado. El ciclo anual comprende las trayectorias completas del vehículo durante el año, e incluye al ciclo de servicio, así como al tiempo consumido para mantenimiento periódico mayor y al tiempo en que el vehículo está fuera de uso.

Los principales componentes del ciclo operacional y sus definiciones son:

- i) Tiempo de Colocación ( $t_c$ ).- Es el tiempo que se ocupa en el traslado del vehículo desde su base de almacenamiento o pernocta hasta la base operacional, tanto al principio como al final del servicio.
- ii) Tiempo de Viaje Cargado ( $t_{vc}$ ).- Es el tiempo durante el cual el vehículo transporta una carga productiva, es decir, una carga que produce un ingreso.
- iii) Tiempo de Viaje Vacío ( $t_{vv}$ ).- Es el tiempo durante el cual el vehículo se desplaza sin carga, entre el punto de descarga de un embarque y el de carga de otro nuevo.

- iv) Tiempo de Carga y Descarga ( $t_{cd}$ ).- Es el tiempo invertido en cargar o descargar carga o pasajeros del vehículo.
- v) Tiempo de Servicio Operacional ( $t_{so}$ ).- Es el tiempo empleado, durante la operación, en cargar combustible, limpiar, dar mantenimiento menor y reabastecer el vehículo, descansar y/o cambiar tripulación y proporcionar otros servicio semejantes.
- vi) Tiempo en Estaciones ( $t_{est}$ ).- Es el tiempo que el vehículo permanece detenido en una estación, y se define como:
- $$t_{est} = \max [ t_{so} , t_{cd} ]$$
- si  $t_{so}$  y  $t_{cd}$  son simultáneos, es decir, si las operaciones de servicio y de carga y descarga son simultáneas, y como:
- $$t_{est} = t_{so} + t_{cd} ,$$
- si ambas operaciones son secuenciales.
- vii) Tiempo de Holgura ( $t_{hol}$ ).- Es el tiempo en que el vehículo permanece detenido para poder ajustar sus recorridos a un itinerario establecido.
- viii) Tiempo de Procesamiento ( $t_p$ ).- Es el tiempo empleado en la maniobras necesarias para mover al vehículo en circunstancias intermedias durante el ciclo.

El Tiempo de Ciclo Operacional es la suma de los tiempos descritos anteriormente, y se calcula como:

$$t_{co} = t_c + t_{vc} + t_{vv} + t_{est} + t_{hol} + t_p$$

Nótese que  $t_{cd}$  y  $t_{so}$  no se suman, ya que ambos están considerados dentro de  $t_{est}$ .

El Tiempo en Movimiento es la suma de los tiempos de viaje cargado y vacío. Por tanto,

$$t_{mov} = t_{vc} + t_{vv}$$

Finalmente, el Tiempo de Viaje Total se calcula como la suma de los tiempos de movimiento, en estaciones y tiempos de procesamiento. Así:

$$t_{vt} = t_{mov} + t_{est} + t_p$$

El ciclo de servicio tiene lugar porque un vehículo realiza "n" ciclos operacionales antes de regresar a una base de mantenimiento principal, donde recibe conservación periódica. El tiempo del ciclo de servicio  $t_{cs}$  se define como la suma del tiempo invertido para realizar los "n" ciclos y el necesario para el acceso hacia y desde la base de mantenimiento ( $t_{es}$ ). Así,

$$t_{cs} = t_{es} + \sum_{i=1}^n t_{co}(i)$$

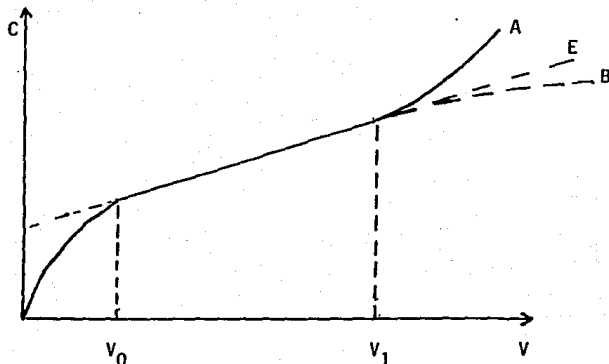
Por último, el ciclo anual contempla, además del tiempo de servicio, un cierto tiempo destinado al mantenimiento mayor del vehículo ( $t_{mnt}$ ), para operaciones programadas según lo requiera el vehículo, o bien al tiempo de estancia en talleres por descompostura o reparaciones imprevistas. Se toma además un tiempo durante el cual el vehículo no se usa por diversas causas ( $t_{sv}$ ). En virtud de que el ciclo se cierra en un año, la ecuación que le corresponde es:

$$n t_{cs} + t_{mnt} + t_{sv} = 365 \text{ días.}$$

### 5.3.3 FUNCION DE COSTOS.

El costo de transporte es un atributo complejo y multidimensional, que representa los recursos que se consumen por operadores, usuarios y otros para que el transporte suceda. El análisis de costos de transporte no solo incluye al comportamiento monetario, sino que también contempla características como el valor del tiempo consumido en los viajes, la pérdida de la calidad de los materiales en un viaje, el costo provocado por las incomodidades del transporte y el costo asociado con los efectos del transporte. Por ello se hace referencia al costo generalizado del transporte para reflejar esta multidimensionalidad.

En general, el costo total de un sistema de transporte es función del volumen de usuarios. La figura de la página siguiente muestra una serie de posibles formas de relación entre el volumen y los costos de un sistema cualquiera.



Las tres alternativas representadas, A, B y E, implican la hipótesis de que se requiere un gran costo inicial para poder siquiera atender un volumen no nulo. También indican que, en un intervalo de volúmenes comprendidos entre  $V_0$  y  $V_1$ , el costo de atender una unidad de volumen adicional es constante. Para volúmenes superiores a  $V_1$ , el comportamiento exhibido por cada curva varía: B supone que el comportamiento del sistema se vuelve más eficiente ( es decir, que se producen economías de escala ), por lo que a pesar de que el costo total sigue aumentando, cada unidad adicional atendida tiene un costo menor. A supone que el costo de atender una unidad adicional aumenta con rapidez ( lo que significa que surgen deseconomías de escala ), por lo que representa un tipo de comportamiento opuesto al de B. Finalmente, la curva E indica que el costo incremental se mantiene constante, situación intermedia entre las de A y B.

Los costos totales de un sistema incluyen costos fijos y costos variables, y se pueden escribir como:

$$C_T = C_F + C_V$$

donde:

$C_T$  = costos totales.

$C_F$  = costos fijos, que no dependen del volumen transportado ni de la distancia

recorrida, como por ejemplo los costos de administración.

$C_V$  = costos variables, que sí dependen del volumen transportado o de la distancia de traslado, como por ejemplo el consumo de combustibles.

Los costos del sistema de transporte son, por su naturaleza, fijos o variables. Los costos fijos o costos de capital son aquellos que no cambian con el volumen de actividades y se relacionan con la construcción del sistema, la adquisición del equipo, los gastos administrativos y los indirectos. Los costos variables o costos de operación dependen de la operación real del sistema. Los costos fijos no varían con la operación diaria del sistema ( excepto si se incluyen nuevos vehículos o infraestructura ), mientras que los costos variables sí lo hacen.

Dos conceptos de gran interés para el análisis de funciones de costos son el costo marginal y el costo promedio. El costo promedio ( $\bar{C}_T$ ) es, como su nombre lo indica, el promedio por unidad transportada, y se calcula como costo total dividido por volumen transportado:

$$\bar{C}_T = C_T / V$$

El costo marginal ( $C'_T$ ), por su parte, es el costo en que se incurre al transportar una unidad adicional de volumen, y se calcula como:

$$C'_T = \partial C_T / \partial V$$

La interpretación de estos dos conceptos es la siguiente: el costo promedio total es el costo total por unidad transportada, suponiendo que cuesta lo mismo atender a cada una de ellas. Por su parte el costo marginal total, representa el costo incremental resultante de añadir una sola unidad de volumen adicional al sistema, es decir, de transportar una unidad más.

Por ejemplo, para una función lineal de costos:

$$C_T = a + b V ,$$

en la que se advierte que:

$$C_F = a \quad \text{y} \quad C_V = b V ,$$

se tiene que:

$$\text{Costo total promedio:} \quad \bar{C}_T = a / V + b$$

$$\text{Costo fijo promedio:} \quad \bar{C}_F = a / V$$

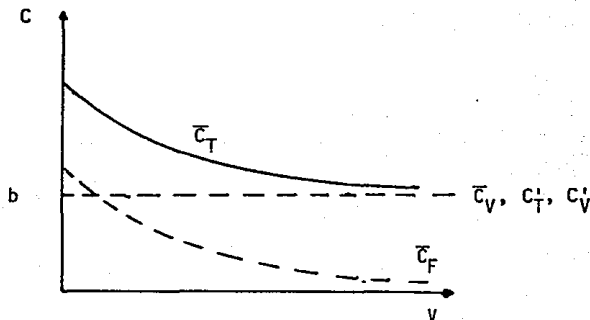
$$\text{Costo variable promedio:} \quad \bar{C}_V = b$$

$$\text{Costo marginal total:} \quad C'_T = b$$

$$\text{Costo marginal fijo:} \quad C'_F = 0$$

$$\text{Costo marginal variable:} \quad C'_V = b$$

Todas estas propiedades se ilustran en la figura siguiente:



Como se advierte, para una función lineal el costo total y el costo fijo unitarios de transportar una unidad disminuye a medida que el volumen aumenta, mientras que el costo variable es constante. El costo de atender una unidad extra de volumen también es constante, ya que este costo solo depende de los costos variables y no de los fijos.

Las funciones de costo podrían usarse como base para la toma de decisiones, si el costo fuera el único factor relevante a considerar, pero como en el transporte se deben considerar otros factores, tales como los niveles de servicio ofrecidos y los efectos de diversa índole, los resultados de las funciones



de costo deben interpretarse con precaución, entre otros motivos por los siguientes:

- i) Los costos monetarios solo comprenden una parte de los efectos relevantes.
- ii) Es probable que existan diversas medidas de servicio que puedan ser de interés. Por ejemplo, usar medidas de equilibrio como  $V_E$  puede resultar en decisiones distintas que si se emplean medidas como el costo.
- iii) La función de costo no es suficiente para justificar una decisión. Aún cuando una cierta tecnología sea la de menor costo, eso no implica que sea la mejor opción. Por tanto, se requieren análisis de equilibrio completos que tomen en cuenta, por ejemplo, las variaciones de los niveles de servicio y su efecto en los volúmenes de demanda e ingresos netos.

**EJEMPLO:**

El costo anual de poseer un barco es  $C_{VA} = \$ 1\,000\,000$  / año. Si  $X_{CC}$  es el número de viajes que realiza al año ( ciclos vehiculares ) y los costos de operación son de  $\$ 195\,000$  / ciclo, el nivel de utilización anual puede abarcar desde uno hasta cinco ciclos. Por lo tanto, la función de costos, suponiendo que fuera lineal, sería:

$$C_T = 1\,000\,000 + 195\,000 X_{CC}$$

El costo promedio sería de:

$$\bar{C} = ( 1\,000\,000 / X_{CC} ) + 195\,000$$

En la tabla de la página siguiente pueden verse los valores del costo, del costo promedio y de la ganancia para 1, 2, 3, 4 y 5 ciclos.

Si el ingreso promedio fuera de  $\$ 600\,000$  / ciclo, se observa en la tabla que a partir de tres ciclos anuales se empieza a obtener un ingreso positivo. Este ejemplo muestra el efecto que tiene el ciclo vehicular en la economía del transporte.

CICLOS	COSTO TOTAL ( $C_T$ ) ( \$ )	COSTO PROMEDIO ( $\bar{C}$ ) ( \$ / CICLO )	GANANCIA ( \$ / CICLO )
1	1 195 000	1 195 000	- 595 000
2	1 390 000	695 000	- 95 000
3	1 585 000	528 333	+ 71 667
4	1 780 000	445 000	+ 155 000
5	1 975 000	395 000	+ 205 000

#### 5.4 REDES.

El análisis de las redes de transporte se basa en la representación espacial del sistema de transporte. El transporte ocurre por necesidad en un ámbito territorial determinado. En virtud de que la representación espacial o física del sistema de transporte se hace a través de redes, éstas se estudian por los siguientes motivos

- i) El transporte es una actividad que no ocurre en un lugar fijo, sino que se produce simultáneamente a través de todo un espacio físico ( nacional, estatal o urbano ).
- ii) Por la complejidad del sistema, se requieren instrumentos de análisis que permitan reflejar, en cada uno de los elementos del sistema, la influencia de los demás.

Una red se define como el conjunto de facilidades o servicios que permiten que los vehículos se trasladen desde su origen hasta su destino. Las redes se pueden describir en términos de sus componentes, a saber:

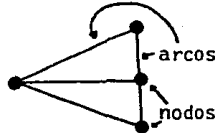
Arcos, que son instalaciones que permiten el paso de vehículos, como una carretera o una vía férrea.

Nodos, que son los puntos en los que convergen dos o más rutas o arcos, como por ejemplo un aeropuerto, una ciudad, un entronque carretero, etc.

Ruta o Trayecto, que comprenden al conjunto de arcos que utiliza el pasajero y/o el vehículo para efectuar el recorrido desde su origen hasta su destino.

Para representar una red, es preciso realizar una serie de idealizaciones, basadas en las consideraciones siguientes:

- i) Desde el punto de vista geográfico, una región se divide en un conjunto de zonas mutuamente excluyentes que la cubren en su totalidad.
- ii) Desde el punto de vista del sistema de actividades, cada zona se caracteriza por variables macroeconómicas como población, PIB, producción industrial, etc.
- iii) El sistema de transporte se puede representar como un conjunto de arcos que conectan nodos. ( Véase la figura, que representa una red simple ).



Los nodos pueden ser de dos tipos: nodos de intersección en los que se cruzan dos o más arcos, que no tienen capacidad de atracción o generación de flujos, y nodos generadores o atractores de flujos, denominados centroides. Los arcos pueden tratarse de instalaciones fijas entre dos puntos, como una carretera; de un servicio entre dos puntos, como los ofrecidos por una línea aérea; o de un conjunto de instalaciones fijas, como un aeropuerto.

El análisis de redes es un problema complejo porque dada la configuración de la red se pueden presentar condiciones de difícil manejo, como las siguientes:

- i) Puede no bastar una sola función de demanda entre origen y destino. Si hay

N zonas, podrá entonces haber:  $N ( N - 1 )$  funciones de demanda.

- ii) Si se consideran distintos periodos P ( matutino, vespertino, etc. ) el número de funciones de demanda aumenta a:  $N P ( N - 1 )$ .
- iii) Si se establecen M diferencias entre los motivos de viaje de los usuarios del sistema, entonces el número de funciones de demanda crece a:  

$$M N P ( N - 1 )$$
- iv) Además de todo lo anterior, se requiere una función de servicio para cada arco de la red;
- v) Por último, el análisis de equilibrio ya no se lleva a cabo solo con una función de demanda y una de servicio, sino que se requiere de un proceso iterativo para calcular el equilibrio en un sistema en el que intervienen múltiples funciones de demanda y de servicio.

En virtud de que los sistemas de transporte reales invariablemente constan de diversos arcos que interconectan múltiples orígenes y destinos, es importante tomar en cuenta la complejidad de las redes al efectuar el análisis. Sin embargo para efectos simplificadores en ocasiones es posible suponer que la red consta de un solo arco.

Las condiciones generales para el análisis de las redes son las siguientes:

- i) Al trasladarse de un origen determinado "A" a un destino específico "B", en general el flujo utilizará una ruta entre "A" y "B" que comprende más de un arco.
- ii) En general, habrá trayectos alternativos entre "A" y "B".
- iii) El volumen registrado en un arco cualquiera consta de flujos provenientes de varios orígenes a diversos destinos, los cuales compiten por la capacidad del arco.

Lo anterior implica que los conceptos de servicio, demanda y equilibrio deben extenderse de manera que permitan considerar que un flujo utiliza múltiples arcos a lo largo de un trayecto, que existen muchas rutas entre orígenes y destinos y que se suscita un competencia entre los flujos para aprovechar la capacidad de los arcos. El problema básico de las redes consiste en determinar el volumen de equilibrio de la red, es decir, el volumen que utilizará cada arco.

La determinación de los flujos de equilibrio en una red involucra dos conceptos centrales:

- i) Comportamiento individual, que se refiere a las bases mediante las que los usuarios del sistema de transporte eligen un trayecto específico entre los múltiples a su disposición.
- ii) Influencia de la estructura de la red, que comprende la forma en que, dadas las características y los servicios ofrecidos por los arcos de la red, los usuarios compiten entre sí para aprovechar la capacidad disponible.

#### 5.4.1 ASIGNACION DE FLUJOS.

La formulación de un problema de redes requiere manejar los siguientes conceptos:

- i) Conjunto de funciones de demanda, que comprende a todas aquellas funciones derivadas para cada par origen destino y que son las siguientes:

$V^{kd}$  = volumen que parte del origen "k" al destino "d". Este volumen es función del vector de características de servicio en el recorrido entre "k" y "d",  $S^{kd}$ , de la medida de la emisión de viajes del origen "k",  $Y^k$ , y de la medida de atracción de viajes del destino "d",  $Z^d$ .

Además:

$V_y$  = volumen de usuarios que emplea el arco "y".

Entonces:

$v_y^{kd}$  = volumen de usuarios del origen "k" al destino "d" que utiliza el arco "y".

- ii) Un conjunto de funciones de servicio, que establece la relación entre el nivel de servicio ofrecido a los flujos en cada arco "y", y el volumen de flujo en el arco. Así, para cada arco se tiene:

$$S_y = J ( v_y , T_y )$$

donde:

$S_y$  = nivel de servicio en el arco "y".

$v_y$  = volumen de usuarios que emplea el arco "y".

$T_y$  = opciones disponibles en el arco "y".

- iii) Un procedimiento específico para la determinación de flujos en la situación de equilibrio. Es preciso definir una convención para la distribución de flujos ( $\Psi$ ), que describa el comportamiento del usuario al elegir los trayectos. En el análisis por lo general se utilizan tres convenciones, que son:

$\Psi_1$  : Regla para relacionar las características de servicio de un arco con las de un trayecto; describe la relación entre los niveles de servicio del trayecto y los de los arcos que forman parte de él.

$\Psi_2$  : Regla para relacionar las características de servicio de un trayecto con las de un par origen-destino.

$\Psi_3$  : Distribución de los volúmenes origen-destino entre los distintos trayectos en función de los niveles de servicio de cada uno de ellos.

Como ejemplo, la formulación de equilibrio para algunas redes sencillas, puede basarse en lo siguiente:

- i) Los flujos son bidireccionales:  $v^{kd}$  incluye al volumen de "k" a "d" así como al de "d" a "k".
- ii) El primer principio de Wardrop es válido. Según este principio, " cuando

una red se encuentra en equilibrio, ningún usuario puede reducir su tiempo de viaje mediante un cambio unilateral de trayecto ". Es decir, en el equilibrio el tiempo de viaje de cada usuario es el mínimo.

iii) La característica de servicio usada es el tiempo de viaje. En base a esto, las reglas  $\Psi$  adquieren las siguientes formas específicas:

$\Psi_1$  : El tiempo de viaje de un trayecto es igual a la suma de los tiempos de viaje de todos los arcos que forman parte de él.

$\Psi_2$  : El tiempo de viaje de un origen a un destino es el tiempo de viaje del trayecto de tiempo mínimo.

$\Psi_3$  : Todos los trayectos de tiempo mínimo tendrán volumen positivo; los demás tendrán volumen nulo.

Existen tres reglas de distribución de flujos en redes; cada una de ellas está asociada con una suposición relativa al comportamiento individual, ya sea implícita o explícita. Las tres reglas en cuestión son:

- i) Optimización Determinística desde el punto de vista del usuario.- El usuario registra diversas características de servicio de cada trayecto y escoge aquel que le resulte mejor. Para considerar las diversas características involucradas conviene utilizar el concepto de utilidad, que es una medida de la desabilidad de cada trayecto. Introduciendo este término, el principio de Wardrop queda como sigue: " En las condiciones de equilibrio, ningún usuario puede aumentar su utilidad mediante un cambio unilateral de trayecto ".
- ii) Optimización Estocástica.- En este caso, cada usuario tiene una función de utilidad definida por un conjunto de atributos relativos a los trayectos, pero su elección es probabilística, lo que significa que se reconoce la presencia de factores aleatorios en la formulación de la utilidad, en el nivel de servicio experimentado o en ambos. La condición de equilibrio correspondiente es la siguiente: En la situación de equilibrio, los volúmenes en to

dos los trayectos son iguales al número esperado de usuarios que seleccionan cada trayecto.

- iii) Optimización Sistemática ( Decisor Central ).- Cuando la asignación de flujos a una red de transporte depende de un mando centralizado interesado en optimizar el funcionamiento global del sistema, entonces conviene utilizar esta regla de distribución de flujos. Esto implica que la unidad central de decisión elegirá los trayectos más convenientes desde el punto de vista general. En esas condiciones, el segundo principio de Wardrop es: " En las condiciones de equilibrio, la utilidad promedio por usuario es máxima ". Esto implica que se desea optimizar el funcionamiento del sistema, no el de sus partes.

El objetivo que se busca en el análisis de las redes es el de generar un sistema de ecuaciones que permita determinar los flujos, es decir, las magnitudes de los volúmenes que hacen uso de la red, así como de los niveles de servicio que reciben. Para ello se procede a elaborar expresiones generales válidas a nivel de arco, trayecto y par interzonal origen-destino, previa realización de las siguientes simplificaciones:

- i) Se supone que el nivel de servicio de cualquier arco solo es función del volumen que hace uso del arco, no del sistema de actividades.
- ii) Si se acepta que el tiempo de viaje es la característica de servicio de interés, entonces el tiempo de viaje en trayecto es simplemente la suma de los tiempos de viaje de todos los arcos que forman parte del trayecto.
- iii) Se acepta que el volumen interzonal no es función del nivel de servicio ofrecido en el recorrido. Es decir, la demanda total es independiente del nivel de servicio que se proporciona.

Estas simplificaciones solo sirven si se cuenta con un algoritmo que permita hallar la mejor solución en condiciones dadas. El principio de " Asignación todo o nada sin límite de capacidad ", utiliza las tres simplificaciones



que se acaban de presentar. Según este criterio, la regla de distribución es: " Asígnese todo el volumen al trayecto que tenga el menor tiempo de viaje total ". De ahí el nombre del proceso, ya que se asigna todo el volumen o no se asigna nada a un trayecto determinado. Además, como se considera que no hay límite de capacidad en los arcos, se supone que las funciones de servicio son de la forma:  $S_y = t_y = a_y$ , lo que significa que el nivel de servicio en el arco es constante, independiente del volumen  $V_y$ , y que es el tiempo de recorrido en el arco. Con estas simplificaciones y la regla de distribución de flujos que se utilice, la determinación del equilibrio se efectúa sobre las siguientes bases:

- i) Nivel de servicio en arco.- El tiempo de viaje en el arco es constante y es conocido, es decir,

$$t_y = a_y = \text{constante}$$

- ii) Nivel de servicio en trayecto.- El tiempo de viaje en un trayecto es la suma de los tiempos de viaje de los arcos del trayecto, es decir,

$$t_t = \sum_{y \in t} t_y$$

- iii) Nivel de servicio interzonal.- El nivel de servicio interzonal es igual al del trayecto que tenga el menor tiempo de recorrido; así,

$$t_w^* = t^{kd} = \min [t_t, \forall t \in t_w]$$

con  $t_w$  = tiempos de viajes de los arcos entre k y d.

- iv) Volumen interzonal.- El volumen interzonal es un constantes, es un dato conocido,

$$v^{kd} = v_0^{kd} = \text{constante}$$

- v) Volumen en trayecto.- Según la regla de distribución " todo o nada ", todo el volumen se asigna al trayecto con menor tiempo de recorrido. Así,

$$v_t \begin{cases} = v^{kd} & \text{si } t = t_w^* \\ = 0 & \text{si no es el caso.} \end{cases}$$

Es conveniente aclarar que ésta no es la única regla de distribución que puede utilizarse.

- vi) Volumen en arco.- El volumen en el arco es cero si el arco no pertenece al trayecto de mínimo tiempo de recorrido, es decir,

$$v_y = \sum \delta_{yt} v_t$$

donde:

$$\delta_{yt} \begin{cases} = 1 : \text{si el arco pertenece al trayecto } t \\ = 0 : \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Para asignar los flujos a una red, un procedimiento susceptible de adoptarse es el siguiente:

- i) Obtener  $t_y$ ,  $v^{kd}$  y la estructura de la red como datos del problema.
- ii) Para cada nodo origen calcular el trayecto de tiempo mínimo con respecto a todos los demás nodos.
- iii) Asignar volúmenes a los trayectos de tiempo mínimo.
- iv) Contabilizar volúmenes en arcos y proceder a efectuar los pasos ii), iii) y iv) para un nuevo origen hasta agotarlos.

Esta es una de las formulaciones más simples del problema de redes, pero tiene grandes limitaciones. La más importante es que la suposición " todo o nada " es poco realista, pues se encontrarán altos volúmenes y tiempos en algunos arcos y bajos volúmenes y tiempos en otros.

### CONCLUSIONES.

El análisis de sistemas de transporte es una herramienta de gran valía para comprender la forma en que funciona el sistema y sus componentes, y como los cambios efectuados al sistema afectan su rendimiento. Los conceptos que sirven como base del análisis son la demanda, la oferta y el equilibrio oferta-de-

manda de redes de transporte.

La demanda sirve para predecir los volúmenes de usuarios del transporte, sus características y propósitos. La función de demanda es una representación del comportamiento de los usuarios del sistema ante cambios en el sistema de transporte. Existen dos tipos de enfoque de estudio de la demanda: los métodos agregados y los desagregados. Las técnicas más comunes para el análisis de la demanda son los métodos gravitacionales, las elasticidades y el método del pi vote.

La oferta de sistemas de transporte puede caracterizarse en términos del rendimiento del sistema, de los costos en que se incurre al ofrecer servicios de transporte, y de los efectos del transporte. Las funciones de rendimiento sirven para predecir los efectos de los cambios introducidos, tanto para los usuarios como para los operadores. Las funciones de rendimiento se utilizan a dos niveles: análisis de equilibrio y análisis sistemático de opciones.

La función de costos se refiere a los costos en que se incurre al proveer un servicio de transporte, es decir, los recursos que se consumen para que el transporte tenga lugar. Los efectos pueden analizarse como costos o bien en función de parámetros de evaluación.

Las redes son el conjunto de facilidades o servicios que permiten efectuar los traslados de los vehículos de un origen a un destino. Estas redes pueden ser descritas en términos de nodos y arcos.

El análisis no arroja resultados exactos, desde el momento que se pretende describir con relaciones matemáticas, fenómenos que no se comportan matemáticamente, como el comportamiento individual.

El análisis de sistemas de transporte es la etapa previa a la evaluación y gran parte de la información requerida para la evaluación se puede obtener a través de él.

## CAPITULO 6

### EVALUACION DE PROYECTOS.

La evaluación de proyectos es la etapa del proceso de planeación que se lleva a cabo después del análisis de los proyectos alternativos, y sirve para sustentar la toma de decisiones. En este capítulo primero se explica cual es el lugar que ocupa la evaluación de proyectos en el proceso de planeación, luego se explica en que consiste la evaluación económica de los proyectos y posteriormente se explica brevemente los dos enfoques de evaluación más utilizados, que son los de eficiencia y efectividad.

Como se explicó en el capítulo 2, dentro de un proceso de planeación, los estudios de evaluación económica forman parte del conjunto de los estudios de factibilidad de un proyecto. Estos, a su vez, usualmente se desprenden de estudios más generales, denominados estudios de gran visión. Por sus alcances, los estudios de gran visión proporcionan una orientación importante respecto al tipo de proyectos por realizar, a su tiempo óptimo de puesta en operación y a su costo aproximado. Sin embargo, la información que arrojan es todavía muy general, por lo que se requiere efectuar un análisis más detallado para cada proyecto que despeje incógnitas relativas a la conveniencia de llevarlo a cabo o no. En ese contexto, el estudio de factibilidad aborda sistemáticamente una serie de cuestiones cuyas respuestas permiten decidir si vale o no la pena implantar un proyecto. Las condiciones de factibilidad de un proyecto son:

- a) Factibilidad Técnica.
- b) Factibilidad Económica.
- c) Factibilidad Financiera.
- d) Factibilidad Social.
- e) Factibilidad Política.

a) Factibilidad Técnica.- Desde el punto de vista técnico, un proyecto factible

establece acciones y obras que, al llevarse a cabo, materializan la función y el objetivo para el que se concibió el proyecto. Para verificar la factibilidad técnica del proyecto es entonces necesario asegurar que los recursos humanos, materiales y de maquinaria disponibles para realizar el proyecto pueden combinarse siguiendo procedimientos que, aplicados en el contexto específico en el que operará el proyecto, den como resultado el producto deseado.

- b) Factibilidad Económica.- La ejecución de todo proyecto obedece al propósito de generar beneficios pero también implica incurrir en costos. Un proyecto económicamente factible contempla acciones y obras que, al realizarse, conducen a beneficios congruentes con la finalidad del proyecto y que son de magnitud no menor que la de sus respectivos costos. La factibilidad económica de un proyecto se evalúa desde el punto de vista de la sociedad en conjunto, por lo que toma en cuenta los costos y los beneficios del proyecto desde esa misma perspectiva, independientemente de los que se produzcan a nivel de cada individuo. En esta etapa se realiza la evaluación económica de los proyectos, actividad que se describe con mayor detalle en este capítulo.
- c) Factibilidad Financiera.- Para que un proyecto pueda ser ejecutado y operado debe ser factible desde el punto de vista financiero. En el caso de los proyectos públicos, esto significa que es posible conseguir fondos monetarios para asegurar la puesta en operación y el funcionamiento posterior del proyecto. El problema de la recuperación del capital invertido, decisivo en el caso de proyectos privados, no lo es tanto en el caso de proyectos del sector público, ya que las inversiones realizadas se recuperan por medios indirectos que no repercuten en el flujo de efectivo asociado directamente con el proyecto. En este sentido conviene notar la diferencia entre factibilidad económica y factibilidad financiera, en el contexto de proyectos públicos: aunque ambas abordan aspectos monetarios, la primera se ocupa del rendimiento propio del proyecto, mientras que la segunda únicamente verifica la disponibilidad

de los recursos para invertirlos en el proyecto, así como la posibilidad de recuperarlos durante un cierto horizonte económico. Por lo mismo, existen proyectos que son económicamente factibles que no lo son desde el punto de vista financiero, ya sea porque sus beneficios no son percibidos en toda su amplitud por los usuarios potenciales, o bien porque éstos carecen de la capacidad de aportación necesaria para poder ejecutar el proyecto. También existen proyectos factibles desde la perspectiva financiera que no lo son desde la económica.

- d) Factibilidad Social.- Un proyecto factible desde el punto de vista social es aquel que genera una respuesta favorable por parte de sus usuarios potenciales. Esta dimensión de la factibilidad de un proyecto, en ocasiones pasada por alto, implica que no basta que un proyecto sea factible en todas sus otras dimensiones para que sea aceptado socialmente, ya que puede ser rechazado por implicar cambios drásticos en la forma de vida de los usuarios, por motivaciones sociológicas, culturales o tradicionales.
- e) Factibilidad Política.- Para que un proyecto de inversión en transportes pueda ejecutarse requiere contar con autorización política. Por ello, los estudios de factibilidad política se efectúan para verificar las actitudes de los grupos políticos afectados favorable o desfavorablemente por el proyecto y de terminar si éste cuenta o no con el público indispensable para ser llevado a la práctica. Como parte de estos estudios se realizan análisis institucionales de los grupos participantes, con objeto de predecir cuál será su posición con respecto al proyecto y, en consecuencia, para preparar la estrategia de implantación que tenga las mayores probabilidades de éxito.

La evaluación de proyectos es una técnica de análisis ligada principalmente al problema central de la economía, es decir, la asignación de recursos es casos a la producción de bienes y servicios para satisfacer las necesidades de

la sociedad, de tal manera que el empleo de esos recursos se realice de manera óptima.

Evaluar es un proceso de crear, analizar y organizar información para sustentar la toma de decisiones, que implica escoger una acción de entre un conjunto de alternativas. La evaluación no es la toma de decisiones, sino un proceso técnico que enlaza el análisis, la planeación y el diseño con la toma de decisiones.

En la " Guía para la presentación de proyectos " del ILPES ( Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social ) se define a la evaluación como la tarea de:

" examinar con determinados criterios los resultados de una acción o propósito. La evaluación consiste, pues, en analizar las acciones propuestas en el proyecto a la luz de un conjunto de criterios. Este análisis estará dirigido a verificar la viabilidad de estas acciones y a comparar los resultados del proyecto — sus productos y sus efectos — con los recursos necesarios para alcanzarlos. Esta comparación se hace a través de indicadores que expresan cuantitativamente los recursos utilizados por unidad de producto ".

La evaluación no puede separarse, intelectual o administrativamente, de la planeación, pues todas las etapas del proceso de planeación conducen a la preparación de la información necesaria para sustentar la toma de decisiones. Por eso, el enfoque seguido para la evaluación debe gobernar, en gran parte, la naturaleza y estructura del proceso de planeación, de los datos utilizados, de las herramientas aplicadas y de los factores considerados, predichos y probados. De la misma manera una buena evaluación no puede separarse del proceso de toma de decisiones.

Toda evaluación de un proyecto se basa en una comparación de la situación sin proyecto con la que ocurriría si el proyecto se pusiese en operación, por lo que resulta fundamental identificar claramente la situación sin proyecto

y la situación con proyecto. Ambas implican diversas relaciones entre la oferta y la demanda de las instalaciones. En la situación sin proyecto, la oferta está restringida por las instalaciones existentes, mientras que la demanda presenta características y tendencias de evolución que en alguna medida dependen de las posibilidades de la oferta. En la situación con proyecto, la oferta se modifica en la medida prevista por el propio proyecto, lo que desencadena cambios en la de manda con respecto a las condiciones previstas en el caso sin proyecto.

Con respecto a la información requerida para la evaluación, puede decirse que debe ser proporcionada en dos categorías de fenómenos. Los primeros representan las contribuciones que se espera que el proyecto aporte para alcanzar los objetivos de la política de desarrollo ( beneficios ), y los segundos, las cantidades de factores escasos que se usarán en la ejecución del proyecto ( costos ). Como regla general, la primera categoría representa las ventajas del proyecto y las últimas los sacrificios que deben hacerse. Debe existir una correspondencia en la confrontación de estas ventajas con los objetivos generales de la política de desarrollo gubernamental, tales como un incremento en el producto nacional, en el empleo, una mejor distribución del ingreso, etc. Respecto a los factores escasos se tienen el capital, las divisas, el uso de ciertas materias primas.

Una vez definido el conjunto de alternativas por analizar en detalle, es preciso cuantificar los costos de inversión asociados con cada una de ellas, para lo que se requieren datos precisos respecto a la magnitud del proyecto, a su trazo, a sus características geométricas, especificaciones técnicas y constructivas. Con esta información como base, y conociendo los principales conceptos de inversión por tipo de obra, se obtiene una estimación de los costos que se emplea para compararlos con los beneficios derivados de la obra.

La cuantificación de los beneficios es decisiva para justificar la rea lización de un proyecto de transporte. Debido a la variedad de tecnologías den



tro del ámbito del transporte, el cálculo de la magnitud de los beneficios difiere según se trate de un proyecto carretero, ferroviario, etc. Sin embargo, en general, se identifican tres clases de beneficios cuantificables:

- i) Ahorros por menores costos de operación de los vehículos.
- ii) Ahorros por menores tiempos de recorrido de los usuarios.
- iii) Incorporación de nuevas zonas productivas a la economía.

Además, existen beneficios de incuestionable valor, aunque difíciles de cuantificar, entre los que destacan:

- i) Reducción del número de accidentes.
- ii) Menores interferencias entre modos de transporte.
- iii) Apertura de comunicación a zonas aisladas.
- iv) Reducción de los efectos nocivos del transporte ( ruido, humo, vibraciones, etc.).

Cabe señalar que la solución óptima a un problema particular es aquella que satisface los requerimientos del problema y que además cumple con los objetivos específicos en una medida más satisfactoria que la de las otras alternativas. Esto implica satisfacer tres condiciones, una o más de las cuales a menudo no puede cumplirse en un proceso real de planeación de transporte. Estas condiciones son:

- i) Todas las alternativas posibles deben identificarse.
- ii) Todas las consecuencias posibles deben conocerse.
- iii) El óptimo debe estar definido con precisión.

Es claro que es difícil cumplir con estas condiciones, por lo que para los problemas de transporte solo pueden encontrarse soluciones buenas y no óptimas. Reconocer la dificultad de encontrar soluciones óptimas tiene repercusiones en el proceso de planeación. Por lo tanto, el planeador debe estar preparado para encontrar errores en el pronóstico y en los juicios, lo que lo obliga a aceptar una variedad de información. Esta información incluye las actitudes de

los usuarios y sus opiniones, las cuales pueden ser de utilidad para obtener soluciones aisladas, ya que la información es muy incompleta para identificar cur  
sos de acción óptimos.

Aceptando el hecho de que el óptimo no puede ser alcanzado, los ingenieros y planeadores pueden concentrarse más realísimamente en el desarrollo de planes de transporte suficientemente flexibles como para modificarse sobre la marcha, de tal forma que continúen produciendo o manteniendo un nivel aceptable de desarrollo de metas con relación a las necesidades diarias.

Existen dos marcos de referencia o enfoques interrelacionados con los cuales se pueden comparar los proyectos alternativos. Primero, cada proyecto de  
be ser considerado en términos del grado en que se espera que cumpla las tareas  
para las que fue creado. Esto implica que cada proyecto debe examinarse para determinar qué tan bien cumple con sus objetivos específicos. Como se explico en el capítulo 4, se requiere un conjunto explícito de metas y objetivos que sir  
van para establecer las medidas y dimensiones básicas para caracterizar el valor  
de las consecuencias del proyecto alternativo. El grado en que un plan cumple con sus objetivos es definido como efectividad.

El segundo marco de referencia es necesario porque también los proyectos deben evaluarse en términos del valor relativo de los resultados obtenidos por su implementación con respecto a los recursos de inversión requeridos. A este valor se le conoce como eficiencia.

La medida de eficiencia es importante en cualquier situación en la que los recursos son limitados, porque es importante que el valor de los rendimientos de una inversión sean al menos iguales que el costo total de la inversión. En este aspecto, la evaluación ha sido separada del criterio de efectividad simplemente midiendo la eficiencia en términos de los beneficios y los costos que aporta el proyecto. La efectividad debe considerarse en términos de los beneficios, relacionados directamente no sólo con los costos, sino también con el con-

junto de metas y objetivos del proyecto.

Ahora bien, si fuera posible medir y valorar todas las consecuencias en una escala o dimensión común, entonces la mejor alternativa es aquella que proporciona el mayor rendimiento para una inversión dada. Como esto no es posible, es necesario separar la evaluación en dos enfoques: 1) análisis de eficiencia; y 2) análisis de efectividad.

Las técnicas tradicionales de evaluación tales como el valor presente neto, relación beneficio costo, tasa interna de retorno, etc., están más interesadas en medir la eficiencia de las alternativas, es decir, en obtener buenos rendimientos monetarios de la inversión realizada. Este tipo de técnicas requiere que las unidades usadas para medir los costos y los beneficios sean las mismas, por lo general unidades monetarias. Por otro lado, la efectividad ataca el grado de cumplimiento de los objetivos por cada alternativa en estudio, es decir, la alternativa que cumpla mejor con los objetivos.

### 6.1 ANALISIS DE EFICIENCIA.

El análisis de eficiencia está encaminado a describir la relación entre los recursos consumidos o requeridos para implementar una alternativa y todas las consecuencias de esa alternativa. Más específicamente, se refiere a los beneficios monetarios producidos por una acción con relación al costo de la misma.

El análisis de eficiencia resulta atractivo para usarse en la evaluación porque su resultado es usualmente un número que sirve de comparación cuando se intenta medir el valor relativo de cada alternativa, lo que proporciona una guía sólida y clara al decisor.

La limitación del análisis de eficiencia radica en el hecho de que requiere que el planeador identifique, cuantifique y asigne valores en términos monetarios a todos los costos y los beneficios asociados con cada alternativa. Hasta

ahora, la cuantificación y monetarización en términos de precios que reflejen el valor de los recursos no es del todo posible. Por ejemplo, la dificultad de establecer valores monetarios generales a consecuencias tales como el desarrollo, la educación, la conservación del medio ambiente y la vida humana obstaculiza el desarrollo de este análisis. Es posible dar valor a cada uno de estos efectos, pero queda la pregunta si son generalmente aceptables y correctos. Por lo tanto, puede ser irreal aplicar los métodos tradicionales del análisis de eficiencia como el único enfoque de evaluación. Sin embargo, es necesario aclarar que por su simplicidad, las técnicas de análisis beneficio-costo resultan útiles para evaluar un proyecto, más no siempre son las únicas ni las más importantes.

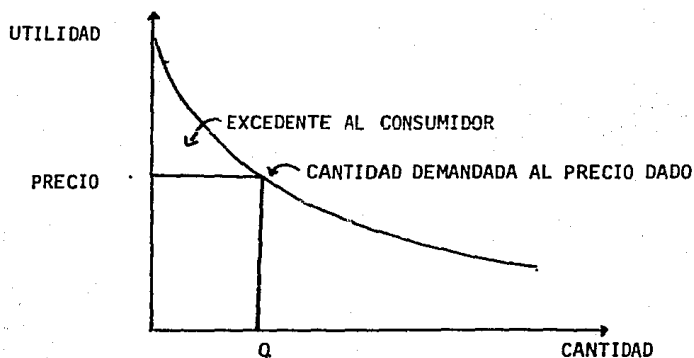
#### Análisis Beneficio Costo.

El análisis beneficio costo es una técnica práctica para tomar decisiones basada en la eficiencia económica. Su objetivo principal es comparar los beneficios económicos esperados con los costos de cada alternativa. La definición y determinación de los costos y beneficios, y el peso relativo de cada uno de ellos, depende en gran parte del punto de vista de los grupos afectados por el proyecto. En términos simples puede decirse, que los beneficios son todos aquellos efectos deseables de una inversión, donde "deseable" se refiere a los efectos positivos en la comunidad. Los beneficios se relacionan con la interpretación económica de la forma en que un cambio en el precio afecta la demanda de los consumidores, o en otros términos, el valor que tiene para un consumidor un cambio en el precio de los servicios.

El valor real de cualquier beneficio es conocido como su utilidad, por lo que la función de utilidad (definida en el capítulo anterior) describe el valor de los beneficios. La función de utilidad es no lineal. Por ejemplo, la satisfacción (o la utilidad) que se experimenta por la obtención de un beneficio es mayor cuando se tiene necesidad del beneficio, pero la utilidad por bene-

ficios sucesivos del mismo tipo disminuye a medida que uno satisface su necesidad, e incluso puede llegar a ser negativa.

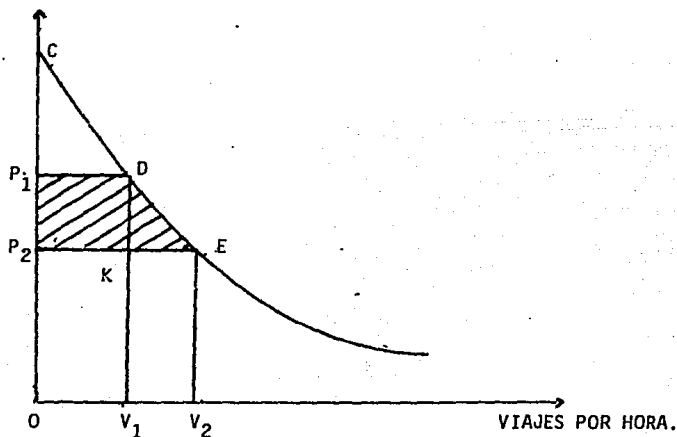
Si se considera que la utilidad de los beneficios es decreciente para cualquier persona, ésta estaría dispuesta a demandar una mayor cantidad de algún bien hasta que su utilidad sea igual a su costo. La utilidad de la persona va disminuyendo cuando la cantidad demandada aumenta ( Ver la siguiente figura ), y se tiene como resultado que su utilidad para cantidades de un bien menores que  $Q$  es mayor que su precio. La diferencia entre la utilidad y el precio, sumada sobre todas las cantidades usadas se conoce como excedente al consumidor. El excedente al consumidor representa el beneficio obtenido por los usuarios al pagar por un bien una cantidad menor que aquella que estarían dispuestos a pagar por dicho bien. Como se muestra en la figura, el excedente al consumidor es el área bajo la curva de demanda, que representa los beneficios totales para el usuario menos sus costos.



Lo importante es determinar los cambios en el excedente al consumidor

debidos a un proyecto ( Ver la figura siguiente ). Al precio original  $P_1$  los usuarios estarán dispuestos a usar un volumen menor que  $V_1$  y a pagar cantidades a la izquierda del punto "D" por usar dicho servicio, es decir, el beneficio total de los viajeros  $V_1$  será igual al área bajo la curva de demanda hacia la izquierda del punto "D" ( área  $OCDV_1$  ). El beneficio neto o excedente al consumidor para los usuarios del sistema al precio  $P_1$  es entonces el área  $P_1CD$ , calculada como la diferencia entre área  $OCDV_1$  y el área  $OP_1DV_1$ . Al implantar un proyecto que disminuya el precio de  $P_1$  a  $P_2$  habrá un aumento del volumen de usuarios de  $V_1$  a  $V_2$ , y el beneficio neto a los usuarios, con referencia a la situación anterior, provocado por el cambio en el precio será, como se muestra en la figura, el área  $P_2CE$  menos  $P_1CD$  o el área sombreada  $P_2P_1DE$ . Este excedente al consumidor está formado por dos tipos de beneficios: los ganados por el volumen original de usuarios  $V_1$  ( representado por el área  $P_2P_1DK$  ) y los obtenidos por aquellos usuarios que usarán el servicio como consecuencia de la disminución del precio de viaje ( representados por el área  $KDE$  ).

COSTO DE VIAJE



Basado en estos conceptos el cambio en el excedente al consumidor puede ser calculado como:

$$EC = 1/2 ( P_1 - P_2 ) ( V_1 + V_2 )$$

donde:

EC = excedente al consumidor.

$P_1$  = precio original de viaje.

$P_2$  = precio reducido de viaje.

$V_1$  = volumen de usuarios al precio  $P_1$ .

$V_2$  = volumen de usuarios al precio  $P_2$ .

La determinación de los costos generalmente es más sencilla, y existen varias maneras de considerar y sumar costos. El enfoque elegido depende de los objetivos de la planeación, de la cantidad de datos requeridos para determinar los costos, de los requerimientos formales y de los mandatos gubernamentales. Por ejemplo, una manera de determinar costos es considerar los siguientes: costos a los grupos afectados ( costos a usuarios y no usuarios ); componentes de los costos ( costo de uso, de depreciación, de combustibles, de mantenimiento, etc. ); costos de las actividades ( costos de planeación, de diseño, de construcción, etc.). En el análisis beneficio-costo hace falta considerar costos de inversión, de conservación, de reconstrucción, de proyectos de infraestructura, etc.

El principio básico para decidir si realizar un proyecto o no es el siguiente: Hágase el proyecto si sus beneficios exceden a sus costos, y no se haga si los costos son superiores a los beneficios. Cuando hay varias alternativas, el proyecto debe hacerse si los beneficios marginales exceden a los de la siguiente mejor alternativa.

Los supuestos básicos del procedimiento son los siguientes:

- i) Se considera que los beneficios y costos pueden ser medidos en una sola dimensión, que es la monetaria.

ii) Se considera que solo hay un decisor; precisando, que todas las partes involucradas en la decisión están de acuerdo con un solo criterio de evaluación, que comúnmente es aquel que maximiza los beneficios.

Un aspecto importante concerniente a este tipo de evaluación es la elección de la tasa de descuento. La tasa de descuento es un indicador que mide la preferencia del consumo actual ante el consumo futuro y está dada normalmente en términos de un porcentaje por año. Esta tasa permite actualizar y comparar flujos monetarios de costos y beneficios que ocurren en diferentes puntos del tiempo.

Debido a que la evaluación se refiere al análisis del proyecto durante toda su vida útil, es necesario comparar gastos e ingresos realizados en tiempos diferentes. Las cantidades monetarias que se presentan en tiempos diferentes no pueden ser comparadas directamente, ya que no están en las mismas unidades. Sin embargo, pueden hacerse equivalentes multiplicando los valores futuros por un factor que es progresivamente menor a medida que el tiempo se hace más distante.

Los indicadores más utilizados en el análisis beneficio-costos para evaluar y comparar alternativas de un proyecto o diferentes proyectos son los siguientes:

- 1) Relación Beneficio-Costo.
- 2) Valor Presente Neto.
- 3) Tasa Interna de Retorno.

#### 6.1.1 Relación Beneficio-Costo.

Este indicador consiste en relacionar el valor presente de los beneficios totales con el valor presente de los costos totales del proyecto. Esto es:

$$\text{Relación Beneficio-Costo} = \frac{B}{C} = \frac{\text{Valor Presente de los Beneficios}}{\text{Valor Presente de los Costos}}$$



$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n B_t (1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C (1+i)^{-t}}$$

donde:

$B_t$  = beneficio en el año "t".

$C_t$  = costo en el año "t".

n = período de análisis.

i = tasa de descuento o de actualización

$(1+i)^{-t}$  = factor de actualización.

Este indicador, que es el cociente de los beneficios totales actualizados y los costos totales actualizados, refleja los beneficios obtenidos por cada peso invertido en el proyecto. Si el índice beneficio-costos es mayor que la undad entonces el proyecto es rentable.

Cuando este indicador se usa para analizar diversos proyectos, es preciso:

- i) Utilizar la misma tasa de descuento para todas las alternativas.
- ii) Comparar todas las alternativas empleando el mismo período de análisis.
- iii) Calcular la relación beneficio-costos para cada alternativa. Elegir todas las alternativas que tengan una relación beneficio-costos mayor que la undad y rechazar el resto.

Si se tienen proyectos mutuamente excluyentes, es decir, el realizar un proyecto elimina la posibilidad de realizar otro, entonces se aplica la siguiente regla:

- iv) Arreglar los proyectos del conjunto en orden creciente respecto a sus costos. Calcular la relación beneficio-costos utilizando el incremento de los costos y el incremento de los beneficios de la primera alternativa con la que le sigue de menor costo. Elegir el proyecto de mayor costo si la relación beneficio-costos de los incrementos es mayor que la undad; si es menor

que uno elegir el de menor costo. Continuar con el análisis comparando los proyectos en el orden decreciente de los costos hasta que la relación beneficio-costo incremental del n-ésimo proyecto sea menor que la del anterior.

### 6.1.2 Valor Presente Neto (VPN).

El valor presente neto de un proyecto se define como el conjunto de beneficios netos actualizados derivados de la inversión de un proyecto, y se calcula restando los costos de los beneficios para cada año del horizonte económico y actualizándolo al año de estudio. Matemáticamente:

$$VPN = \sum_{t=0}^n (B_t) (1 + i)^{-t} - \sum_{t=0}^n (C_t) (1 + i)^{-t} = \sum_{t=0}^n (B_t - C_t) (1 + i)^{-t}$$

donde:

VPN = valor presente neto.

$B_t$ ,  $C_t$ ,  $i$ ,  $n$ ; igual que en el caso anterior.

Al comparar las alternativas se deben usar las siguientes reglas:

- i) Calcular todos los VPN para la misma base temporal.
- ii) Calcular todos los VPN con la misma tasa de actualización.
- iii) Utilizar el mismo período de análisis como base para analizar todas las alternativas.
- iv) Calcular el VPN de cada alternativa. Seleccionar las alternativas que tengan VPN positivo. Rechazar el resto.

Si se tienen proyectos que son mutuamente excluyentes, entonces la regla consiste en elegir aquel que tenga el mayor valor presente neto.

Cuando un proyecto tiene un valor presente neto muy alto, su contribución social es significativa, independientemente de que su índice de rentabilidad o relación beneficio costo sea bajo. En contraposición, un proyecto con alto índice de rentabilidad pero bajo valor presente neto puede ser menos deseable para la nación en virtud de su menor aportación global al bienestar colectivo.

### 6.1.3 Tasa Interna de Retorno.

La tasa interna de retorno es la tasa de actualización a la cual el VPN es igual a cero, es decir, la tasa para la que los beneficios actualizados son iguales a los costos actualizados.

$$VPN = 0 = \sum_{t=0}^n (B_t) (1 + r)^{-t} - \sum_{t=0}^n (C_t) (1 + r)^{-t}$$

Donde:

$r$  = tasa interna de retorno del proyecto.

$B_t$ ,  $C_t$ ,  $n$  ; igual que en el caso anterior.

Para seleccionar proyectos se siguen las reglas mencionadas a continuación:

- i) Comparar todos los proyectos usando el mismo período de análisis.
- ii) Calcular la tasa interna de retorno para cada proyecto y elegir los proyectos que tengan una tasa interna de retorno mayor que la tasa de actualización.

Si se tiene un conjunto de proyectos mutuamente excluyentes hay que escoger aquel que tenga la mayor tasa interna de retorno.

Cada uno de los indicadores expuestos tiene ventajas y desventajas. Sin embargo, el VPN ha sido descrito como el más simple, más fácil, más seguro y más directo de aplicar. Es muy ventajoso emplearlo para jerarquizar proyectos con igual o similar inversión, así como cuando se opera con restricciones presupuestales, porque maximiza los beneficios netos obtenidos para costos fijos.

El índice de rentabilidad o relación B/C es el más ampliamente usado de todos. La relación B/C proporciona una buena medida sobre la factibilidad de proyectos independientes. Sin embargo, cuando se trata de jerarquizar proyectos puede llevar a errores si no se emplea la regla de incrementos de costos y beneficios, es decir, los proyectos mutuamente excluyentes no pueden ser ordenados

de acuerdo a su relación B/C, porque cada aumento del costo debe pasar la prueba del incremento de la relación B/C.

La tasa interna de retorno ha sido recomendada porque no requiere fijar una tasa de actualización cualquiera, y ha sido propuesta como la medida real de la productividad de un proyecto porque los inversionistas intuitivamente la visualizan como el rendimiento del proyecto.

Entre las limitaciones del análisis beneficio-costos figuran las siguientes:

Al medir los beneficios, el planeador se enfrenta a la dificultad de medir la utilidad del dinero para los diferentes individuos y de compararla entre ellos. La elección de la tasa de descuento apropiada da origen a ciertas dificultades ya que esta tasa debe representar el grado de preferencia del consumo actual respecto al futuro, lo que no resulta fácil.

Por otra parte, el análisis beneficio-costos solamente se refiere a los beneficios y los costos totales, pero no toma en cuenta su distribución. Como ha sido apuntado, considera que un peso de beneficio es igualmente útil para el país si se le da a un millonario que si se le da a un individuo pobre. De acuerdo con ello, un proyecto es deseable siempre que los beneficios totales excedan a sus costos aún cuando todos los beneficios vayan a parar a los millonarios y los costos recaigan sobre los campesinos.

Sin embargo, a pesar de todas las dificultades y simplificaciones, el análisis beneficio-costos, tiene la ventaja de que obliga a los responsables de los proyectos a tratar de cuantificar los beneficios y los costos y a no limitarse a efectuar juicios cualitativos. Asimismo, los obliga a formular preguntas sobre la política económica, por ejemplo, sobre la justificación de la política existente de precios, que de otro modo no se harían. Además da una idea sobre la factibilidad de los proyectos y ayuda a rechazar proyectos de calidad inferior que muchas veces son promovidos por grupos con intereses claros. Si las li

mitaciones del análisis beneficio-costos se reconocen abiertamente, y aún si se señalan con énfasis, se puede sacar buen provecho de su utilización.

## 6.2 ANALISIS DE EFECTIVIDAD.

En la parte anterior, se discutió el método más popular de evaluación y se recalcaron las dificultades inherentes en su uso. En esta sección se presenta un método conocido como análisis de efectividad, que proporciona una estructura general y flexible para proveer información para ayudar a la selección de proyectos alternativos. Se trata de una estrategia para decidir, más que de un conjunto de reglas de decisión. En este tipo de análisis, el dimensionamiento de los resultados de las alternativas se basa en una escala artificial a través del desarrollo de pesos relativos al cumplimiento de las metas y se requiere una estructura de información tal que facilite la toma sistemática de decisiones.

El análisis de efectividad mide la forma en que cada alternativa contribuye a alcanzar ciertos objetivos pre-especificados. Estos objetivos y sus correspondientes medidas de efectividad se plantean de conformidad con propósitos bien definidos, y no necesariamente para evaluar una alternativa en una sola dimensión o aspecto.

El análisis de efectividad difiere de un simple listado de costos, rendimientos y efectos de cada alternativa, ya que debe incorporar una estructura que responda a los valores, metas y objetivos de la comunidad.

Una buena medida de la efectividad de un proyecto es crítica para una evaluación adecuada. Desafortunadamente, el seleccionar buenas medidas de efectividad no es un problema de manual, porque la medida correcta depende en gran parte del contexto, es decir, de la decisión y del proceso de decisión, de los objetivos, del punto de vista del planeador, y de los recursos disponibles para el análisis y la elección. Por el lado positivo, la selección de buenas medidas de efectividad es una de las partes más creativas de la planeación, en la que se

definen, a través de la estructura de valores-propósitos-objetivos-criterios, vista en el capítulo 4, la naturaleza de la evaluación y sus productos.

El análisis de efectividad toma en cuenta una situación común en muchos proyectos, en los que resulta muy difícil comparar algunos de sus efectos. Por ejemplo, ¿Cuál sería la mejor manera de comparar los diferentes efectos de proyectos alternativos de una nueva carretera? ¿Costo? ¿Número de vidas perdidas por accidente? ¿Pérdida de la calidad del medio ambiente? No cabe duda que los individuos pueden comparar tales consecuencias, porque el hombre siempre ha realizado elecciones entre alternativas que tiene diversas consecuencias, como las mencionadas. El problema es que los procedimientos analíticos actuales no son satisfactorios para dicha comparación. Específicamente, muchos planeadores se sienten insatisfechos con los procedimientos usados, tales como el análisis beneficio-costos, porque consideran que es razonable sumar los valores independientes que un grupo puede tener respecto a los diferentes conceptos. Dichos procedimientos estiman que las preferencias de las personas respecto a los diferentes atributos son independientes. Esto, muchas veces es contrario a la experiencia personal; ya que el deseo por un objeto en general depende del nivel de satisfacción en otros aspectos.

#### Método de Costo Efectividad.

Para aplicar este método, los atributos de las alternativas relevantes se separan en dos categorías: costos que se definen en términos de los recursos necesarios para el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento del sistema durante su vida útil, y los indicadores o medidas de efectividad. La elección entre las alternativas se basa en estos dos tipos de información, eliminando la necesidad de expresar los atributos y las consecuencias de cada alternativa en una misma dimensión.

Existen varios métodos por medio de los cuales la descripción de las

consecuencias puede usarse para medir la efectividad de los proyectos alternativos, pero debe recordarse que la efectividad de una alternativa particular debe estar determinada con base en los datos de entrada, en el funcionamiento y los efectos concomitantes, así como en su relación con los objetivos regionales del sistema de transporte. También aquí, la elección entre alternativas es subjetiva, y en muchos casos el decisor debe desarrollar su propia regla de decisión y su modelo de efectividad para evaluar los proyectos.

Los datos básicos requeridos para la construcción de este modelo son: las consecuencias que van a ocurrir como resultado de la implantación de los proyectos y los objetivos para los que el proyecto fue desarrollado. Una forma para desarrollar un modelo de efectividad es la elaboración de una lista de todas las consecuencias que se espera que ocurran; esta lista debe ser suficientemente extensa para proporcionar una base sólida para la evaluación, pero no demasiado pues la complejidad del análisis aumenta en la medida que esta lista se extiende. Es necesario considerar más de una dimensión de los efectos en el modelo dependiendo de los elementos considerados en la lista, pero lo ideal es que sólo se tenga una dimensión común para comparar los efectos. Como esto no es posible, deben intentarse valorar todas las consecuencias en una dimensión que sea representativa del logro de los objetivos del proyecto.

No existe un método específico para jerarquizar las alternativas, ya que ese ejercicio depende de los objetivos que se espera cumpla el proyecto, del criterio del planeador y de otros factores. Sin embargo, independientemente del criterio usado, tendrán que seguirse los pasos mencionados a continuación:

Primero, es necesario especificar la naturaleza y el tipo de las consecuencias. Esta es una relación basada en la experiencia de los ingenieros y planeadores. Segundo, hay que medir el grado en que se alcanzan cada una de las metas y los objetivos. Por último, se debe desarrollar un esquema para jerarquizar las alternativas y establecer las medidas relativas de cumplimiento de los

objetivos. Esto puede hacerse asignando grados de valor a cada una de las consecuencias y después proceder a evaluar cada alternativa.

Por ejemplo, supóngase que se quiere evaluar la efectividad de un proyecto según criterios de accesibilidad y efecto estético y se considera un peso relativo de cada consecuencia de una relación de 3:2, así se tiene:

$$E_i = 3 ( \text{accesibilidad}_i ) + 2 ( \text{efecto estético}_i )$$

de manera que asignando un valor de 1 a 10 a la accesibilidad y al efecto estético de la alternativa "i" se podría obtener una medida subjetiva de la efectividad de la alternativa "i".

Como se ha dicho, no existe un modelo específico de efectividad. Sólo se puede proponer un modelo general que permita identificar las variables de entrada y las consecuencias. Por ejemplo, un modelo para conformar la lista de atributos de las alternativas de proyectos de transporte, como un aeropuerto, podría ser la siguiente:

i) Variables de entrada:

costos  
 uso del suelo  
 materiales  
 requerimientos de mano de obra.

ii) Efectos de funcionamiento:

accesibilidad  
 movilidad  
 transferibilidad  
 seguridad.

iii) Efectos concomitantes:

descarga de partículas  
 afectación al paisaje  
 ruido



calor  
inseguridad.

Si se quiere elevar el nivel de sofisticación en el análisis puede obtenerse por un tipo de modelo que maneje los siguientes elementos:

**Consecuencias de las variables de entrada:**

- a) Costo de oportunidad.
- b) Cambios en el empleo.
- c) Cambios en el ingreso real.
- d) Escasez de recursos naturales.
- e) Promoción económica.

**Consecuencias de funcionamiento:**

- a) Cambios en los patrones de crecimiento.
- b) Cambios de las actividades económicas.
- c) Unificación social.
- d) Desarrollo de patrones culturales.
- e) Cambios en el precio de bienes y servicios.

**Consecuencias Concomitantes:**

- a) Efectos sociales y psicológicos de las instalaciones de transporte.
- b) Efectos estéticos.
- c) Contaminación del aire.
- d) Afectación de la flora y la fauna.

La información recopilada y organizada según se muestra arriba puede presentarse en forma de matriz, como se muestra a continuación.

## PLANES ALTERNATIVOS

A B C ...

Consecuencias de Funcionamiento.

- 1.- Cambios en los tamaños de mercado.
- 2.- Cambios en los patrones de producción.
- 3.- Cambios en las actividades económicas.
- 4.- Cambios en el empleo.

Consecuencias Concomitantes.

- 1.- Efectos de las descargas físicas.
- 2.- Efectos de ruido.
- 3.- Efectos estéticos.
- 4.- Disgregación social.

Consecuencias de las Variables de Entrada.

- 1.- Usos de recursos naturales.
- 2.- Uso de mano de obra local.


Teniendo la matriz estructurada, se procede a evaluar cada una de las alternativas, de modo que pueda elegirse aquella que más cumpla con los objetivos.

CONCLUSIONES.

Dentro del proceso de planeación, la evaluación económica forma parte de los estudios de factibilidad y éstos a su vez se desprenden de los estudios de gran visión.

La evaluación es un proceso para determinar el valor relativo de cada alternativa y su desabilidad respecto a otras alternativas. La evaluación provee la información necesaria sobre efectos, costos y otros factores de interés a los encargados de tomar las decisiones.

La definición de los beneficios y de los costos depende de los grupos en los que incide un proyecto determinado. Como los beneficios y los costos ocurrirán a lo largo de toda la vida útil del proyecto, es necesario establecer mecanismos de comparación a través del tiempo. Es necesario reconocer que no es posible cuantificar todos los efectos con un grado alto de certeza, por lo que se buscan buenas soluciones y no soluciones óptimas.

Se presentaron dos técnicas de evaluación, que son el análisis de eficiencia y el análisis de efectividad. El primero se refiere a los recursos requeridos para implementar una alternativa de proyecto y sus consecuencias y el segundo se refiere a la forma en que cada alternativa contribuye a alcanzar los objetivos pre-especificados. El método más común de análisis de eficiencia es el análisis beneficio-costos cuyo objetivo principal es comparar los beneficios esperados con los costos de cada alternativa. Los indicadores utilizados en el análisis beneficio-costos para evaluar las alternativas son: la relación beneficio-costos, el valor presente neto y la tasa interna de retorno. El método más común del análisis de efectividad es el método de costo efectividad, donde se comparan los costos de cada alternativa con los indicadores de efectividad. Es importante utilizar ambos enfoques porque cada proyecto no solo debe ser rentable desde el punto de vista económico, sino que además debe satisfacer las necesidades y los objetivos para los que fue creado.

## CAPITULO 7

### EJECUCION Y OPERACION DE PROYECTOS.

Una vez tomada la decisión sobre que alternativa es la mejor o más eficiente, es decir, una vez que se ha elegido la mejor alternativa desde el punto de vista del cumplimiento de sus objetivos específicos, se deberá proceder a especificar sus atributos físicos y sus características de funcionamiento con tanto detalle como se requiera para que las personas que van a participar en su implantación la conozcan a fondo. Cuando el responsable de planear es otro que el que ejecuta, lo que sucede casi siempre, es preciso elaborar cuidadosamente documentación de tal manera completa, que pueda comunicar a otros la solución.

Para cerrar el ciclo de la planeación hay que efectuar las actividades que aseguren que cada proyecto programado pueda ser implantado. Estas acciones se ubican dentro del campo tradicional de las dependencias ejecutoras de proyectos, y comprenden esencialmente:

- 1.- La elaboración del proyecto definitivo de ingeniería de detalle.
- 2.- La preparación de documentos de apoyo para la publicación de convocatorias referentes a concursos de obra.
- 3.- La recepción y evaluación de propuestas de contratistas.
- 4.- La adjudicación de contratos.
- 5.- La construcción del proyecto.
- 6.- La supervisión técnica de la obra y la elaboración de estimaciones para pago a las empresas.
- 7.- La recepción de obras terminadas y la entrega a los responsables para su operación y/o conservación.

#### 7.1 Elaboración del proyecto definitivo de ingeniería de detalle.

Consiste en la elaboración del diseño definitivo de la obra, la preparación de los planos definitivos de diseño y construcción y en la elaboración de

las especificaciones.

En el sector transporte, los proyectos a implementar por lo general consisten en construir o ampliar una instalación, como una carretera o una línea de ferrocarril, o una estación como un puerto o un aeropuerto. Para ello es necesario llevar a cabo los siguientes estudios, entre otros:

- Trazo definitivo, en el que se incluyen las especificaciones de pendientes y curvaturas para cumplir con los requisitos de servicio y seguridad requeridos.
- Mecánica de suelos, que incluye la determinación de las curvas masa, la estabilidad de taludes, los volúmenes de corte y relleno. Además se incluyen estudios de permeabilidad, resistencia de terrenos, etc.
- Resistencia de materiales.
- Análisis estructurales de los puentes y de los túneles acordes con la calidad de los servicios que se pretende ofrecer al usuario según los pronósticos de la demanda.

En el caso de las estaciones, además de los estudios mencionados anteriormente, es necesario efectuar los siguientes:

- Estudios arquitectónicos.
- Análisis y diseño estructural del edificio terminal.
- Diseño de las instalaciones sanitarias y de ventilación.

## 7.2 Publicación de convocatorias.

En esta etapa se elabora y da a conocer la documentación necesaria para llevar el proyecto a concurso.

La Ley de Obras Públicas determina que todas las obras de carácter público deben ser llevadas a concurso. Para ello se publica una convocatoria en el Diario Oficial y en los principales diarios para que las empresas interesadas en concursar o contratistas formulen sus propuestas. En dicha convocatoria debe incluirse el tipo de obra a concursar; la especialidad requerida para concursar,

el nombre de la empresa o dependencia contratante; el día, hora y lugar de apertura de las propuestas; el lugar y fecha donde se entregara la documentación necesaria para concursar; el precio de la documentación. La documentación deberá describir el sitio de la obra, las cantidades de obra concursadas, las especificaciones técnicas de la obra, el tiempo de terminación de la obra y el monto de la fianza.

Los contratistas que posean la especialidad requerida y el deseo de concursar, recogerán la documentación para concurso. Después de una visita al sitio de la obra, determinan si cuentan con la capacidad técnica, económica y financiera para ejecutar la obra, proceden a planear el desarrollo de su construcción en cuanto a lo que se refiere al procedimiento de construcción, a los flujos de capital y a la ruta crítica necesarios para asegurar que la obra se desarrolle con el menor costo posible y en el tiempo establecido por el contratante. Una vez determinados estos factores llenan la documentación necesaria para llevarla a concurso.

### 7.3 La recepción y evaluación de propuestas.

En el día y hora fijado en la convocatoria, en junta pública se leen las propuestas de los contratistas y se levanta un acta donde al menos se indique el costo y el tiempo de ejecución propuesto por cada concursante, y la fecha en la que se leerá el resultado del concurso.

La contratante procederá a verificar la capacidad de los contratistas y a estudiar cada una de las propuestas, para que con base en su experiencia elija la propuesta de menor costo o la que más convenga a sus intereses.

### 7.4 La adjudicación de contratos.

En junta pública se leerá el resultado de la evaluación de las propuestas y se procederá a adjudicar el contrato a la empresa o empresas ganadoras,

por el monto propuesto y con la fecha programada de terminación de obra. En ese momento, la contratista depositará la fianza fijada y se firmará el contrato.

#### 7.5 La construcción.

Una vez adjudicado el contrato, teniendo los planos de diseño y las especificaciones, comienza la etapa de la construcción, que es la realización física del proyecto ( obra ).

La construcción puede entenderse como un proceso, en el que a partir de ciertas entradas o recursos, como la maquinaria, la mano de obra y los materiales se obtendrá una obra terminada. En la medida en la que se combinen correctamente estos recursos se obtendrá la obra deseada. Para lograr esto es necesario establecer los controles administrativos y de calidad para lograr que lo construido sea lo mismo que lo planeado.

#### 7.6 Supervisión y estimaciones.

Cuando se ha empezado a construir la obra, el contratante deberá comprobar que el trabajo se hace conforme a las especificaciones en cuanto a forma, la calidad de los materiales y el tiempo programado. En base a esto se elaborarán las estimaciones de obra para el pago al contratista. Las cantidades de obra terminada deberán ser liquidadas por el contratante para asegurar los flujos de efectivos necesarios para que el contratista pueda continuar con la obra.

#### 7.7 Recepción de obra.

En el momento en que se ha terminado la obra, la contratante recibirá la obra a su debida satisfacción y procederá a entregarla a los que deberán operarla y/o mantenerla ( conservarla ), previa comprobación que el resultado obtenido es el mismo que el esperado en el proyecto.

Uno de los problemas principales que existen en la planeación de sistemas de transporte es la falta de un lazo sólido entre la planeación y la implementación, motivado porque generalmente son áreas distintas las encargadas de cada una de esas actividades.

Además, es muy frecuente que al implantar la solución se presenten condiciones no previstas que obliguen a modificar la solución especificada. Por otro lado también puede suceder que la realidad no corresponda completamente a lo previsto en el análisis. En ambos casos, es muy conveniente que cuando se ejecuten las modificaciones necesarias intervenga la persona que se encargó de seleccionar la vía de acción más conveniente desde el punto de vista de los objetivos. Esto se hace organizando reuniones entre los encargados de la planeación y los de la implantación del proyecto, que muchas veces conducen a modificaciones que inclusive mejoran la solución.

Para cualquier alternativa es necesario desarrollar un subsistema de control que garantice, con cierto nivel de confianza, que las condiciones de diseño sean respetadas cuando el sistema opere en su ámbito real. Los mecanismos de control deben formar parte integral del diseño del sistema para que las perturbaciones aleatorias del funcionamiento del sistema no ocasionen grandes desviaciones en su efectividad.

Cuando se trata de una cadena de proyectos o cuando el proceso se realiza en tiempos largos, es indispensable que al planear la solución se conciben también los mecanismos de control, con objeto de poder supervisar fácilmente si el proyecto se desarrolla conforme a lo previsto.

El control es el proceso que determina que tan bien se lleva a cabo una actividad, valorizándola y si es necesario aplicando las medidas correctivas apropiadas, de manera que la ejecución esté de acuerdo con lo planeado. La comparación entre lo planeado y lo ejecutado es la base del control. El control es un proceso que requiere, en primer lugar, la determinación de patrones de re-



ferencia y después la comparación del patrón planteado y el trabajo ejecutado. Por último, involucra la realización de acciones correctivas cuando éstas sean necesarias. Como se dijo, para poder comparar los resultados obtenidos se cuenta con los patrones o indicadores de referencia, que pueden ser de cantidad, de costos, de uso de tiempo y de calidad, y que indican si se podrán o no lograr los objetivos del proyecto.

Desde el punto de vista de la planeación, el control o seguimiento técnico de los proyectos tiene dos objetivos fundamentales: i) Asegurar que los proyectos se ejecuten tal y como fueron aprobados; y ii) Recoger experiencias y elementos que retroalimenten y fortalezcan el proceso de planeación. El primer objetivo es de suma importancia, puesta que al cumplirlo se verifica que el proyecto asegura los flujos de beneficios e incurre en los costos previstos durante su estudio, lo que implica que su dimensionamiento y sus características se ajustan a lo proyectado. Esta situación deseable contrasta con aquellas otras en las que el proyecto cambia durante su ejecución, a medida que se añaden o suprimen obras especiales, se rectifican trazos o se mejoran sus especificaciones técnicas. Aunque estas adiciones no son de suyo indeseable, transforman el proyecto y provocan que, desde el punto de vista global, su contribución a la riqueza común pueda no ser la más adecuada.

El cumplimiento del segundo objetivo da lugar a un flujo de información que retroalimenta el planteamiento y el análisis de futuros proyectos. Observar lo que sucede en la realidad, verificar si se cumplen o no las hipótesis del análisis y asegurar que las conclusiones obtenidas en el campo se aprovechen en el gabinete es una característica fundamental de todo proceso de planeación a la que paradójicamente no se le pone mucho énfasis. Para que los planes y programas tengan la dosis de realismo y utilidad necesarios en la práctica, los planificadores deben reforzar sus vínculos con la realidad e instrumentar procedimientos que aseguren que las enseñanzas que deja la ejecución de los proyectos

sean aprehendidas en el contexto del proceso de planeación.

### CONCLUSIONES.

La etapa de ejecución y operación de los proyectos es la etapa final del proceso de planeación. Una vez tomada la decisión de qué proyecto ejecutar se deben efectuar las actividades que aseguren que el proyecto elegido pueda ser implementado, y que son:

- 1.- Elaboración del proyecto definitivo de ingeniería de detalle.
- 2.- La preparación de la documentación de apoyo para la publicación de convocatorias referentes a concursos de obra.
- 3.- La recepción y evaluación de propuestas de contratistas.
- 4.- La adjudicación de contratos.
- 5.- La construcción.
- 6.- La supervisión técnica de la obra y elaboración de estimaciones.
- 7.- La recepción de la obra terminada y entrega a los responsables de su operación y/o mantenimiento.

Para implantar los proyectos hay que estar conscientes de dos factores muy importantes. El primero es que es indispensable planear también los mecanismos de control que permitan revisar si lo ejecutado es igual o sensiblemente igual a lo planeado. Como consecuencia de las variaciones detectadas durante la etapa de control, se tiene que modificar la planeación, de lo que resulta el segundo factor de relevancia que consiste en advertir que la planeación es una actividad continua, y que la experiencia adquirida durante la ejecución y la operación de los proyectos es valiosa para retroalimentar el proceso de planeación.

## CAPITULO 8

### CONCLUSIONES.

El sector transporte es un componente vital del aparato económico, social y político de cualquier país. El transporte provee de muchas fuentes de trabajo, es muy notable por sus efectos y requiere de un gran presupuesto. Es necesario y conveniente visualizar al transporte a través de un enfoque de sistemas. Las razones de ello son: el transporte se relaciona prácticamente con todos los sectores de la economía de una nación; consume recursos de otros sectores económicos; y sus efectos son muy variados. Además, porque está compuesto por varios subsistemas relacionados entre sí; en éstos existen relaciones de complementareidad y competencia; y sus efectos se manifiestan en grupos sociales con intereses distintos.

Un sistema de transporte puede definirse como el conjunto de objetos y actividades relacionados entre sí, cuyo objetivo es el de mover una mayor cantidad de bienes y personas más económicamente, más eficientemente y de una manera más cómoda y segura.

No sólo es necesario visualizar al transporte a través de un enfoque de sistemas, sino que además, las soluciones propuestas y las decisiones adoptadas para mantener su situación de funcionamiento actual o corregirla, deben ser el resultado de un proceso de planeación, ya que todas las actividades de una sociedad, sean económicas o recreativas, dependen en mayor o menor medida del transporte, y en la medida en que éste se desarrolle y cumpla con su objetivo primordial, podrán ser satisfechas de mejor forma. Dada la importancia y complejidad del transporte, no se puede esperar que las soluciones a su problemática puedan ser el resultado de decisiones personales y sin fundamentos.

La planeación se entiende como un proceso continuo, permanente, interdisciplinario, abierto, que consiste en realizar un análisis sistemático y documentado previo al mejoramiento de una determinada situación, y que sirve para

orientar nuestras acciones en el corto y largo plazos. Las etapas del proceso de planeación del transporte son las siguientes: 1) Diagnóstico y formulación de la problemática; 2) Formulación de objetivos y criterios de evaluación; 3) Generación de alternativas; a) Estudios básicos; b) Estudios de gran visión; c) Estudios de factibilidad; 4) Evaluación de alternativas; 5) Selección de alternativas; y, 6) Implantación y seguimiento técnico.

Aunque estas etapas se presentan de manera secuencial, la planeación no es un proceso secuencial, ya que algunas de las etapas pueden realizarse al mismo tiempo que otras, o inclusive antes, y los datos obtenidos en cada etapa sirven para reforzar y mejorar los conocimientos obtenidos en la etapas posteriores y anteriores. Por lo tanto, mas que un proceso secuencial la planeación es un proceso cíclico cuya etapas pueden ser simultáneas. Por ejemplo, los estudios básicos, que incluyen a los estudios técnicos, económicos, financieros, sociales y políticos, se pueden llevar a cabo como parte complementaria de la etapa de preparación de proyectos, es decir, no necesariamente se efectúan antes que los estudios de gran visión. Las etapas de evaluación y análisis no son independientes, ni está claramente especificado dónde empieza una y termina la otra.

El análisis es parte de la evaluación, ya que la información necesaria para la evaluación surge de él. Además, la evaluación no es otra cosa que un análisis de los costos y beneficios de cada alternativa y estos dependen en gran parte de las condiciones de demanda y del funcionamiento del sistema. Es importante recalcar que la información obtenida, en particular, en las etapas de análisis y evaluación, y, en general, en toda la planeación sirve para sustentar la toma de decisiones. Aunque generalmente, el que toma la decisión de que proyecto implementar, no es el mismo que el que planea, pero si el proceso de la planeación ha llegado a conclusiones relativas a cuales son los proyecto que es conveniente implementar y en que momento, se contará con una forma de presionar

a fin de que se decida por la acción más conveniente.

Es importante hacer notar, que la planeación del transporte, no es un campo aislado e independiente de la Ingeniería Civil, sino que, por el contrario, es una parte vital de la labor del ingeniero, la que por desgracia no se le ha prestado la atención debida.

Por sus actividades, los ingenieros se ven involucrados en una gran diversidad de acciones y ataca una variada problemática, para lo que se requiere una gran cantidad de conocimientos. Los ingenieros se ven obligados a participar en obras o proyectos, tales que, por su magnitud, sus costos y efectos, pueden llegar a afectar todo el sistema económico de un país, como por ejemplo, la decisión sobre la construcción o modernización de la red ferroviaria. Por ello se requiere un procedimiento que permita contemplar todos estos efectos de modo que se pueda tomar decisiones más racionales y encaminadas a resolver de una manera sistemática los problemas que se presenten.

Las técnicas del análisis de sistemas de transporte se encuentran muy lejos de ser ideales o exactas, desde el momento que se pretende usar relaciones matemáticas para describir fenómenos que no responden a ecuaciones matemáticas, como el comportamiento de los individuos. Pero como no se cuenta con modelos de comportamiento que informen exactamente sobre el problema que se desea resolver, estas técnicas ofrecen una buena representación de la realidad, de manera que permiten visualizar de una manera aproximada las características del problema. El analista debe reconocer estas limitaciones en la planeación y en el análisis de sistemas de transporte para que, con base en su experiencia, pueda ser capaz de interpretar correctamente estos resultados.

Todas las actividades de un analista de transporte, tienen implicaciones éticas, lo que significa que sus decisiones tendrán siempre una repercusión en el medio y la forma de vida de otros individuos. Aún al desarrollar modelos de predicción, los juicios subjetivos juegan un papel más importante que las téc

nicas estadísticas. En la evaluación y sobre todo en la decisión, estos juicios son más significativos. Así, la apariencia de objetividad total en el estudio de los sistemas de transporte, es un ideal nunca alcanzado, porque las decisiones dependen de los individuos.

La planeación de los sistemas de transporte es un tema escasamente tratado en nuestro medio. La mayor parte de la información proviene de autores extranjeros, por lo que no se halla disponible en español. Por otro lado, con excepciones en estas fuentes casi no se visualiza al transporte como un sistema ni se considera que las decisiones que lo afectan deben ser el resultado de un proceso de planeación. La mayoría de esta información se refiere a estudios de transporte urbano sin tomar en cuenta los demás subsistemas del transporte. Dentro del transporte urbano, generalmente se hace sólo mención a los estudios de ingeniería de tránsito. Con este comentario no se quiere decir que el transporte urbano no sea un subsistema importante, sino que, es parte de un sistema mayor y mucho más complejo, que es necesario estudiar para comprender la problemática del transporte urbano.

El propósito de este trabajo ha sido el de tratar de suplir la falta de un texto que visualice las decisiones de los sistemas de transporte como el resultado de un proceso de planeación, y que ayude a los estudiantes de la materia de Sistema de Transporte que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, a visualizar al transporte de una manera diferente a las tradicionales.

A pesar de que el tema de la planeación del transporte está escasamente tratado y de que inclusive sólo se imparte una materia obligatoria y 3 optativas en el plan de estudios de la carrera de Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., se trata de un tema extraordinariamente complejo y amplio, que solo a medida que se profundiza se asimila su magnitud y complejidad. Cada uno de los temas tratados tiene un trasfondo amplísimo de conocimientos,

por lo que se abre una perspectiva inmensa al investigador, es decir, es un tema abierto y que se amplía continuamente. Personalmente, pienso que una materia no es suficiente para cubrirlo en su totalidad, ni este trabajo pretende hacerlo, pe si pretende dejar abierta la posibilidad de que se profundice en cada uno de los temas.

Generalmente, se cree que las únicas ramas importantes de la ingeniería civil, son la construcción y las estructuras, pero los ingenieros no solo construyen las estructuras que diseñan, también planean en dónde, en qué momento y para qué fin son necesarias esas estructuras y además debe justificar el porqué de su construcción.

La planeación del transporte requiere de una gran variedad de conocimientos, además de los conocimientos tradicionales del ingeniero, ya que es necesario profundizar en aspectos de la economía, de la administración, de la política, de la sociología y del comportamiento de los individuos. Además, debe tomar conciencia del papel que desempeña el transporte en la sociedad para que sus juicios y decisiones sean verdaderamente útiles a la sociedad a la que sirve.

BIBLIOGRAFIA.

1. Alba C. de, Jorge. APUNTES DE CONSTRUCCION I. Facultad de Ingeniería, UNAM.
2. Alba C. de, Jorge. INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO. Facultad de Ingeniería, UNAM.
3. Asociación Mexicana de Caminos A.C. MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO.
4. De Buen, Oscar. NOTAS PERSONALES PARA IMPARTIR LA MATERIA "SISTEMAS DE TRANSPORTE". ( no publicado ). Facultad de Ingeniería, UNAM.
5. Departamento de Construcción. APUNTES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS. Facultad de Ingeniería, UNAM.
6. Edwin, Thomas. STRATEGIES FOR THE EVALUATION OF ALTERNATIVE TRANSPORTATION PLANS. NCHRP 96, 1970.
7. Enríquez, Héctor. APUNTES PERSONALES DE LA MATERIA "INGENIERIA DE SISTEMAS I". Impartida por el Ingeniero J Chacona, 1983. Facultad de Ingeniería, UNAM. ( no publicado )
8. Enríquez, Héctor. APUNTES PERSONALES DE LA MATERIA "SISTEMAS DE TRANSPORTE". (no publicado). Impartida por el Ingeniero O. de Buen, 1986. Facultad de Ingeniería, UNAM.
9. Hehhes, Robert; Ekse, Martin. FUNDAMENTALS OF TRANSPORTATION ENGINEERING Tata Mc Hill, 1975.
10. Hinojosa Perez, Jorge. APUNTES DE PLANEACION. Facultad de Ingeniería UNAM.
11. Kanafi, Adib. TRANSPORTATION DEMAND ANALISYS. Mc Graw Hill, 1983.
12. Lane, Robert; Tellez Olmo. PLANIFICACION ANALITICA DEL TRANSPORTE. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid 1973.
13. Manhein, Marvin. FUNDAMENTALS OF TRANSPORTATION SYSTEM ANALISYS. MIT Press Series in Transportation Studies, 1979.
14. Meyer Michael. URBAN TRANSPORTATION PLANNING: A DECISION ORIENTED APROACH. ( No publicado ). & TRANSPORTATION PLANNING. Urban Planning Guide.