

ISSN 0188-7297



Certificado en ISO 9001:2000‡

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES



“IMT, 20 años generando conocimientos y tecnologías para el desarrollo del transporte en México”

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

VOL1: CONCEPTOS BÁSICOS

Víctor M. Islas Rivera
Martha Lelis Zaragoza

Publicación Técnica No 307
Sanfandila, Qro 2007

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

Análisis de los sistemas de transporte.

Vol I: Conceptos básicos

**Publicación Técnica No 307
Sanfandila, Qro 2007**

El presente documento ha sido elaborado por Víctor Islas Rivera, Coordinador de Martha Lelis Zaragoza, investigadora de la Coordinación de Ingeniería Estructural, Formación Posprofesional y Telemática.

Índice

	Página
Resumen	V
Abstract	VII
Resumen ejecutivo	IX
1. Elementos para un análisis histórico del transporte	1
1.1 Historia del Transporte	1
1.2 Breve historia de la ingeniería aplicada al transporte	12
2. Transporte, concepto e importancia	19
2.1 El concepto del transporte	19
2.2 Impactos del transporte	22
3. Conceptos de sistemas	29
3.1 El enfoque de sistemas	29
3.2 Definiciones básicas para el análisis de sistemas	32
3.3 Modelos y simulación para el análisis de sistemas	39
4. Clasificación, atributos y componentes de los sistemas de transporte	43
4.1 Clasificación de los sistemas de transporte	43
4.2 Atributos de los sistemas de transportación	46
4.3 Componentes de los sistemas de transportación	49
Bibliografía	55

Resumen

En el presente trabajo se presenta una introducción conceptual que esperamos sea de utilidad para el análisis de los sistemas de transporte. En ese sentido, se desea proporcionar al lector un esquema general del análisis de los sistemas de transporte, su importancia, algunos de los eventos más importantes en su desarrollo y el enfoque interdisciplinario que debe aplicarse para su estudio. Específicamente, se desea aportar al lector algunas de las definiciones y conocimientos básicos sobre los sistemas de transportación, su clasificación, atributos, composición e interacción con su medio ambiente.

Este es el primer reporte de una serie de documentos con los que esperamos se puedan tener elementos sobre un esquema general sobre la clasificación, desarrollo y planificación de los sistemas de transportación en México para postular el propósito central de la gestión del sistema de transporte y mostrar sus instrumentos básicos.

Es preciso reconocer que el presente texto tiene o desea tener un contenido básicamente académico. Es decir, tiene el objetivo de exponer una serie de ideas y conceptos, y exponerse a las críticas, observaciones o correcciones de parte de los lectores. Es el resultado de la lectura de una serie de libros o documentos que, en opinión de los lectores, son verdaderos clásicos en la lectura que, a nivel internacional, ha abordado el análisis de los sistemas de transporte. Ciertamente, se recogen algunas definiciones (o incluso se aportan algunas ideas, conceptos o definiciones que son, en alguna medida, originales o propios de los autores) tratando de armar un conjunto de conceptos razonablemente congruentes, tales que nos sean de utilidad para el análisis de los sistemas de transporte, vistos precisamente como sistemas.

El presente trabajo se caracteriza por la inclusión de fuentes bibliográficas que son realmente invaluable. Si bien es cierto que algunas de las referencias tienen muchos años de su publicación, difícilmente se encuentran obras que los hayan mejorado. Se constituyen en verdaderos clásicos de la literatura del tema. Es por ello muy lamentable que muchos de los textos referidos ya no estén disponibles para su consulta. Esto se debe a que se editaron hace muchos años y, por su carácter de literatura especializada, no se volvieron a publicar. Aún peor es que muchos de esos libros ya no se encuentran en las bibliotecas en las que se les podía consultar.

Por todo lo anterior, hemos iniciado la publicación de esta serie de documentos sobre el análisis de los sistemas de transporte, de la cual el presente texto es el primer volumen. Con ello esperamos lograr, como mínimo, empezar a renovar el interés de los lectores en la necesidad de mejorar el marco conceptual de los sistemas de transporte.

Abstract

In the current research report we offer a basic framework that we hope could be useful for transport analysis beginners. Therefore, we include a general overview about concepts like transport, transport system, their effects on society and environment, and some of the most important historic facts in the transport technology development. Also, we present some concepts about transport system when they are approached properly as systems. As a consequence, we include in the final chapter some definitions and a general framework that we hope it could be used in order to identify the main characteristics of transport systems, its components and basic attributes.

It could be obvious that we prepare this report looking for an academic feedback. Thus, it is basically a collection of concepts obtained from the classic books that have contributed to the building of transport system analysis. However, in some cases we offer some proposals of basic concepts (to some extent original or relatively new), aimed to make clear or more specific some explanation or classification.

Perhaps an important feature of this report is the bibliography consulted and properly quoted. It is true that some of the classic books of that bibliography have some decades. However, we think that, in most of cases, no better books have been published more recently.

We hope that, at least, we could contribute to renew the interest of our kind readers in the need of improvements in transport systems analytical framework.

Resumen ejecutivo

En el presente trabajo se presenta una introducción conceptual que esperamos sea de utilidad para el análisis de los sistemas de transporte. En ese sentido, se desea proporcionar al lector un esquema general del análisis de los sistemas de transporte, su importancia, algunos de los eventos más importantes en su desarrollo y el enfoque interdisciplinario que debe aplicarse para su estudio. Específicamente, se desea aportar al lector algunas de las definiciones y conocimientos básicos sobre los sistemas de transportación, su clasificación, atributos, composición e interacción con su medio ambiente.

Este es el primer reporte de una serie de documentos con los que esperamos se puedan tener elementos sobre un esquema general sobre la clasificación, desarrollo y planificación de los sistemas de transportación en México para postular el propósito central de la gestión del sistema de transporte y mostrar sus instrumentos básicos.

Es preciso reconocer que el presente texto tiene o desea tener un contenido básicamente académico. Es decir, tiene el objetivo de exponer una serie de ideas y conceptos, y exponerse a las críticas, observaciones o correcciones de parte de los lectores. Es el resultado de la lectura de una serie de libros o documentos que, en opinión de los lectores, son verdaderos clásicos en la lectura que, a nivel internacional, ha abordado el análisis de los sistemas de transporte. Ciertamente, se recogen algunas definiciones (o incluso se aportan algunas ideas, conceptos o definiciones que son, en alguna medida, originales o propios de los autores) tratando de armar un conjunto de conceptos razonablemente congruentes, tales que nos sean de utilidad para el análisis de los sistemas de transporte, vistos precisamente como sistemas.

En el primer capítulo se presentan diversos elementos históricos sobre el transporte esperando que sirvan como contexto sobre la evolución e importancia del mismo. Es una lista no exhaustiva y se basa en documentos serios sobre la historia de los transportes a nivel mundial, tratando de seleccionar sólo aquellos textos que se elaboraron sin preferencias ideológicas o nacionalismos.

En el segundo capítulo se seleccionaron diversas definiciones sobre lo que es (y lo que no es) el transporte. Esto nos parece muy importante porque, en la experiencia de los autores, prácticamente cada investigador que aborda el análisis del transporte, tiene su propia definición lo cual puede llevar a confusiones o incluso errores en dicho análisis. Ello no sólo es producto de la experiencia específica del autor del documento que se estudia o por las diversas disciplinas desde que se aborda el análisis de los sistemas de transporte: administrativo, económico, tecnológico, sistemático, "integral", etc. También parece originarse por la relativa indiferencia con la que algunos autores abordan el estudio del transporte sin investigar el significado que otros autores han dado a diversos

conceptos; así, prácticamente se creen obligados a descubrir el “hilo negro” y no consideran la larga lista de autores previos que ya han estudiado al sector transporte. Esperamos que la lista de conceptos sobre el transporte ilustre la necesidad de precisar, siempre que se realice un análisis de un sistema de transporte, cuál es el significado estricto que se le está dando al concepto de transporte y sus implicaciones.

La misma intención tiene el capítulo tres que aborda una serie de conceptos que son esenciales para el análisis de los transportes como sistema. Es imperativo que el lenguaje ya comúnmente utilizado en el análisis de cualquier sistema sea empleado con propiedad cuando se aborda el análisis de los sistemas de transporte. Por supuesto, este capítulo es realmente innecesario para los lectores que tienen los antecedentes básicos sobre el enfoque de sistemas. Sin embargo, creemos que si resulta indispensable para ubicar con cierta precisión el significado con el que hemos tratado de aplicar los conceptos de sistemas en el capítulo cuarto.

En efecto, en el último capítulo se presentan una serie de conceptos que intentan caracterizar a los sistemas de transporte, sus componentes y atributos. Por ello, se descansa en las definiciones y esquemas analíticos vertidos en el tercer capítulo, aunque quizás es la parte del presente trabajo en la que más se presentan algunas propuestas propias, esperando sean de utilidad al lector.

El presente trabajo se caracteriza por la inclusión de fuentes bibliográficas que son realmente invaluable. Si bien es cierto que algunas de las referencias tienen muchos años de su publicación, difícilmente se encuentran obras que los hayan mejorado. Se constituyen en verdaderos clásicos de la literatura del tema. Es por ello muy lamentable que muchos de los textos referidos ya no estén disponibles para su consulta. Esto se debe a que se editaron hace muchos años y, por su carácter de literatura especializada, no se volvieron a publicar. Aún peor es que muchos de esos libros ya no se encuentran en las bibliotecas en las que se les podía consultar.

Por todo lo anterior, hemos iniciado la publicación de esta serie de documentos sobre el análisis de los sistemas de transporte, de la cual el presente texto es el primer volumen. Con ello esperamos lograr, como mínimo, empezar a renovar el interés de los lectores en la necesidad de mejorar el marco conceptual de los sistemas de transporte.

1 Elementos para un análisis histórico del transporte

1.1 Historia del transporte

En esta sección se presenta una relación cronológica de los eventos más relevantes, a nivel mundial, en el desarrollo de los diferentes tipos de transporte. Se han incluido las fechas aproximadas de los eventos mencionados. El número entre paréntesis indica la referencia precisa de dónde se obtuvo la información (ver bibliografía, al final del capítulo). Debe reconocerse que algún dato de los acontecimientos que se mencionan puede no ser exacto. Asimismo, la siguiente lista no puede sustituir la lectura de diversos textos que, detallada y razonadamente, describen los eventos que aquí sólo se mencionan. Entonces, la intención es dar una panorámica que permita observar la evolución de los transportes a nivel mundial, aunque en ciertos casos no pueda precisarse la fecha exacta de las innovaciones o descubrimientos, o de su uso en algún país determinado.

- 1 Aparición del ser humano. Transporte del ser humano y sus pertenencias, por sí mismo.
- 2 20000 AC Balsas rudimentarias. (9)
- 3 15000 AC Canoas primitivas. Utilización de la fuerza de los ríos. (1)
- 4 8000 AC Parihuelas, trineos y rodillos. (9)
- 5 5000 AC Invención de la rueda en Mesopotamia. (9)
- 6 4000 AC Carro rudimentario con ruedas. (1)
- 7 3000 AC Domesticación de animales. (9)
- 8 2900 AC Veleros egipcios. (3)
- 9 2500 AC Barcos egipcios con cuadradas. (9)
- 10 2000 AC Rueda con canjilones. (1)
- 11 1500 AC Carros arrastrados por caballos y otras bestias de tiro. (9)
- 12 1300 AC Se construyen los puertos fenicios de Tiro y Sidón, los más antiguos en la historia. (9)

- 13 300 AC Se realiza el canal artificial en Egipto por Ptolomeo II. (9)
- 14 300 AC Se construye el puerto de Alejandría, primer puerto artificial. (9)
- 15 250 AC Arquímedes descubre el principio de la flotabilidad. (3)
- 16 Período Grecorromano Construcción de los primeros puertos, caminos y acueductos en Grecia y Roma. (1)
- 17 100 DC En China se empieza a usar el timón central y la brújula. Poco después se usan tres mástiles en las naves. (9)
- 18 150 Los barcos romanos mercantes implantan tres velas. (9)
- 19 300 Aparece la vela triangular en el Océano Indico como perfeccionamiento de la vela cuadrada egipcia. (9)
- 20 860 Barco "Vela Latina" con mayor velocidad de dirección. (1)
- 21 1000 Se introducen la vela y la brújula en la navegación en Europa. (9)
- 22 1000 Barcolongos vikingos con velas cuadradas y remos. (3)
- 23 1000 Modificación de arnés y atalaje para las bestias de carga. (3)
- 24 1100 Aparición probable de herraduras, espuelas y estribos en los caballos. (1)
- 25 1100 Evolución del transporte costero a oceánico debido a la aparición del timón redondo, la brújula y las cartas náuticas. Descubrimiento de las técnicas de navegación en contra del viento. (1)
- 26 1200 Se introduce en Europa la idea de construir varios mástiles en las naves. (9)
- 27 1250 Surgen las primeras carretillas. (1)
- 28 1300 Aparece en el Mediterráneo el "botequin" que se combina con las carabelas de dos y tres mástiles y genera las corbetas que habrían de dominar los mares del mundo durante 400 años. (3)
- 29 1400 Era de descubrimientos marítimos; mejoran los compases magnéticos, escuadras para la latitud y las escandallas. (3)
- 30 1500 Vagonetas con rieles en las minas. (1)
- 31 1500 Aparecen en Europa las naves conocidas como "Carraca" y "Carabela".

- 32 1500 Se instalan suspensiones de madera y los listones de cuero a los carruajes. (9)
- 33 1513 Es hundido un barco a cañonazos en lucha naval. (3)
- 34 1514 Se bota el barco "Great Harry" el más grande del mundo hasta entonces, con un peso de mil toneladas y 700 hombres de tripulación. (18)
- 35 1550 Aparece el galeón en el Mediterráneo.
- 36 1578 W Bourne describe un submarino sin aplicaciones conocidas. (9)
- 37 1588 Inglaterra derrota a España, merced a la mejora de sus embarcaciones. (1)
- 38 1590 Aparición de un libro que describe el transporte de un obelisco egipcio de 300 ton, desde el Vaticano hasta la plaza de San Pedro en Roma. (1)
- 39 1600 Leonardo da Vinci formula proyectos de aparatos de transporte por agua, tierra y aire, especialmente en reflejo de los estudios de los pájaros. (1)
- 40 1600 Construcción francesa del canal Du Midi de 250 km, que comunicó el Atlántico con el Mediterráneo.
- 41 1600 Comienza el servicio de diligencias con carruajes grandes. (9)
- 42 1620 Cornelius van Drebbel, holandés, construye el primer submarino, sin éxito ni repercusión notable.
- 43 1662 Blaise Pascal, circula por París el primer sistema de transporte público de pasajeros. (9)
- 44 1690 El portugués Gusmao logra la primera ascensión en globo y tiene el primer accidente aéreo. (2)
- 45 1700 Creciente construcción de caminos, primero en Francia y después en Inglaterra.
- 46 1700 Aparecen los bergantines europeos, para el cabotaje. (9)
- 47 1747 Francia crea la Escuela de Puentes y Caminos. (1)
- 48 1750 Los barcos de vela adoptaron diversos aparejos y aumentaron la cantidad de mástiles. (9)

- 49 1750 Construcción inglesa de canales para las regiones carboníferas, promovidas algunas de ellas por el duque de Bridge Water y dirigidas por James Brindley, que además dejaron escuela y gran experiencia a los sucesivos ingenieros. (4)
- 50 1765 Cronómetro marino. (1)
- 51 1769 N Cugnot circula por París el primer vehículo de carretera autopulsado.
- 52 1770 Richard Reynolds construyó de Coalbrookdale al río Severn un carril de hierro colado para vagones de las minas, con rieles provistos de pestañas. (4)
- 53 1776 Bushnell diseña el submarino monoplaza "turtle". (9)
- 54 1780 Se consolidan como puertos industriales (del algodón) Bristol, Glasgow y Liverpool. (7)
- 55 1780 Aparece el bergantín-goleta.
- 56 1782 Aerostatos de aire caliente del francés Montgolfier.
- 57 1782 Aerostatos de hidrógeno de J A Charles y M N Robert. (2)
- 58 1783 El marqués Jov Ffroy, construyó el pyroscaphe, primer intento de barco de vapor. (3)
- 59 1783 Primer vuelo humano exitoso, por Rozier y Arlandes. (2)
- 60 1783 Se inventa el globo de gas por los franceses Montgolfier.
- 61 1785 J Blanchard y el doctor J Jeffries hacen el primer vuelo en globo a través del canal de la Mancha.
- 62 1787 John Wilkinson bota la barcaza "trial", de 21 m, primer barco construido de hierro. (3)
- 63 1790 John Metcalf construye caminos en Lancashire y Yorkshire (Inglaterra) cimentándolos, y dándoles forma convexa y zanjadas para el desagüe. (4)
- 64 1790 Se construye el barco de vapor por John Fitch.
- 65 1791 El conde de Sivrac construye el "céléríte", primer antecedente de la bicicleta. (9)
- 66 1800 Construcción francesa del canal de Bourgogne de 250 kilómetros de longitud, 189 esclusas, y con un túnel de 3300 m. (1)

- 67 1801 Surrey construye un ferrocarril tirado por caballos (de Wandsworth a Croydon, en Inglaterra). (4)
- 68 1804 Richard Trevithick diseña la primera locomotora. (9)
- 69 1804 Stevens diseña la propulsión por hélice, aplicada hasta 1844. (3)
- 70 1807 El barco a vapor de Fulton, llamado Clermont, recorrió 250 km del río Hudson en 32 h (un tercio del tiempo normal de los veleros). (1)
- 71 1809 George Cayley hizo volar pequeños planeadores de ala fija. (2)
- 72 1813 Se utilizan las primeras locomotoras de vapor que dieron servicio en las minas de carbón del noreste de Inglaterra. (9)
- 73 1813 Primera locomotora de vapor sobre rieles metálicos, sin uso comercial, construida por Hedley. (4)
- 74 1814 Telford reconstruye el camino a Glasgow, en Inglaterra, introduciendo técnicas nuevas, especialmente en la cimentación de caminos. (4)
- 75 1815 Estandarización de los caminos ingleses al tipo macadam, que hacía uso de una superficie de grava o de pedernal apisonado, formando un arco. (4)
- 75 1817 El barón Kart Von Drais creó el caballo mecido: un cuerpo colocado sobre dos ruedas con un manillar para guiarlo. No tenía pedales y era impulsado con los pies en el suelo. También conocido como la draisina, es el antecedente directo de la bicicleta. (1) (18)
- 76 1821 El primer vapor de hierro, el "Aaron Manby" cruza el canal de la Mancha. (1)
- 78 1822 Se construye el motor eléctrico.
- 79 1825 Construcción del canal Erie en EEUU, de 600 km y 82 esclusas. (1)
- 80 1825 George Stephenson pone en servicio el ferrocarril público entre Stockton y Darlington, Inglaterra.
- 81 1825 Construcción de los barcos "Cliper", ligeros y maniobrables. (3)
- 82 1828 Primer servicio de omnibuses en París.
- 83 1829 Stephenson pone en servicio una máquina de ferrocarril adaptada al movimiento de pasaje y carga, entre Manchester y Liverpool. (1)

- 84 1830 Se tiende la primera red de tranvías de caballos en Nueva York. (9)
- 85 1834 Joseph Hansom introduce el carro de alquiler en Europa.
- 86 1838 El barco a vapor Sirius cruza el Océano Atlántico en 15 días, utilizando únicamente el vapor, desvirtuando la tesis que afirmaba que ello era imposible. (3)
- 87 1840 En Inglaterra, la crisis textil coincide con el ascenso del carbón, el hierro y el ferrocarril que llega a 6000 millas de extensión. (6)
- 88 1840 Se inauguran en Londres los autobuses de dos pisos. (9)
- 89 1842 Ocurre la primer catástrofe ferroviaria en el mundo al incendiarse el tren de pasajeros que corría entre París y Versalles. Mueren 200 pasajeros. (19)
- 90 1843 El "Great Britain", es el primer vapor de casco de hierro que cruza el Atlántico. (9)
- 91 1844 Barcos de hélice y casco de hierro. (1)
- 92 1848 Uso del globo aerostático con fines militares y bombardeo aéreo.(2)
- 93 1850 Uso de rodillos pesados en la construcción de caminos, y de alquitrán y asfalto en la composición de las calzadas. (1)
- 94 1852 Primer vuelo de globo con motor, realizado por Giffard en París. (2)
- 95 1855 William Froude es el primero en experimentar con modelos a escala de barcos. (3)
- 96 1858 Mejora de los servicios en el ferrocarril: coches-cama, coches-comedor, frenos de aire. (1)
- 97 1858 I. Kingdom botó el barco de pasajeros "Great Britain", el buque de vapor más grande de todos los tiempos (19000 toneladas de peso bruto). Fue el más espectacular jamás visto hasta entonces, con 207 m de largo y podía trasladar 4000 pasajeros y seis mil toneladas de carga desde Inglaterra hasta la India o Australia sin repostar carbón. (3) (18)
- 98 1859 Construcción del canal de Suez.
- 99 1859 Samuel Van Syckel construye en Pennsylvania el primer ducto para uso industrial a gran distancia (poco más de diez kilómetros), bombeando 80 barriles de petróleo cada hora, abatiendo costos y

- mejorando el servicio y productividad en relación con los arrastres por carretas (ofrecidos tradicionalmente por los “teamsters”). (16)
- 100 1861 Los franceses Pierre y Michaux implementan los pedales giratorios en las bicicletas. (9)
- 101 1863 Se inaugura en Londres el primer servicio urbano de ferrocarril para pasajeros. (9)
- 102 1865 Primeros caminos de concreto en Escocia. (1)
- 103 1867 Motores de combustión interna. Perfeccionamiento de los motores de cuatro tiempos de Otto-Langen. (9)
- 104 1869 Se adapta motor a una bicicleta Michaux generando la primera motocicleta. (9)
- 105 1869 Entra en función el freno de aire para ferrocarril.
- 106 1870 Aparecen los cascos de acero en los barcos.
- 107 1871 La primer bicicleta popular es diseñada por James Starley en Inglaterra. (9)
- 108 1875 Se instrumentan los boggies giratorios que mejoran el servicio del ferrocarril. (9)
- 109 1877 Aparecen los barcos frigoríficos. (3)
- 110 1879 Se construye el primer tren eléctrico. Así, en la Exposición de Berlín, la empresa Siemens transporta pasajeros en un pequeño ferrocarril de vía angosta movido por electricidad. (9) (17)
- 111 1879 Se construye, entre Pennsylvania y Pittsburgh, la primer ruta troncal de ductos, que compite ahora con los ferrocarriles, al enviar diariamente diez mil barriles de petróleo a una distancia de 180 kilómetros, mediante un ducto de 6 pulgadas de diámetro. (16)
- 112 1881 En Lichterfelde, cerca de Berlín, circula un tranvía eléctrico que constituye el primer servicio público en el mundo que es movido por electricidad. (17)
- 113 1883 Aplicación del motor de combustión interna a la locomoción, principalmente en Alemania. (1)
- 114 1883 Primer intento de electrificación de los ferrocarriles experimentales en Irlanda.
- 115 1886 Tsiolkovski diseña un aerostato metálico. (2)

- 116 1886 Daimler diseña el automóvil, accionado por un motor de combustión interna, en Stuttgart y Carl Benz en Manheim, Alemania. (1)
- 117 1886 Es botado el primer buque - tanque alemán Gluckauf. (3)
- 118 1888 John Dunlop inventa los neumáticos.
- 119 1891-1902 Se construye el tren Transiberiano, uniendo Moscú con Vladivostok, y logrando recorrer nueve mil kilómetros en menos de nueve días. (17)
- 120 1891 Herman Ganswindt dibuja en Berlín los primeros esbozos de una nave con cohetes de combustible sólido.
- 121 1893 Aparecen los primeros motores diesel, y la señalización automática en los ferrocarriles.
- 122 1894 Parsons ideó una turbina marítima de vapor. Así, se bota en Inglaterra el barco "Turbinia" el primero en usar turbinas en el mundo, revolucionando la velocidad de los grandes barcos. (3) (18)
- 123 1895 Otto Lilienthal logra avances en la construcción de planeadores. (2)
- 124 1895 Entran en servicio los autobuses de gasolina en EEUU.
- 125 1900 Se construye el dirigible Zeppelin (última máquina voladora menos pesada que el aire), del conde Von Zeppelin que construyó 26 dirigibles y utilizó para uso comercial algunos de ellos. (2)
- 126 1900 Submarino Plunger, diseñado por Hollan para EEUU (3).
- 127 1903 Industrialización del automóvil por Henry Ford.
- 128 1903 Con el primer vuelo autónomo (59 segundos) de los hermanos Wright, nace la aviación moderna. (2)
- 129 1903 El ruso Konstantin Tsiolkovski publica su teoría acerca de los combustibles de los cohetes y sobre la eficiencia de sus motores; y propone usar como propulsante hidrógeno y oxígeno líquidos.
- 130 1904 Construcción del canal de Panamá. (3)
- 131 1905 Davidson e Indian (EEUU) fabrican motocicletas con mandos en los puños. (9)
- 132 1907 El francés Paul Cornu construye el primer helicóptero que logra despegar 1.5 m, aunque sin estabilidad. (9)

- 133 1907 Se equipa el primer buque con turbina de Parsons. (9)
- 134 1910 Comienza en Alemania el primer servicio aéreo regular de pasajeros, usando zepelines.
- 135 1910 Despega desde un barco, por primera vez, el avión biplano Curtiss.
- 136 1911 Curtiss ensaya el primer hidroavión. (2)
- 137 1912 Se instala el arranque eléctrico al automóvil. (9)
- 138 1912 Deperdussin realiza un avión de estructura monocasco con forma aerodinámica.
- 139 1917 Gran desarrollo de la aviación durante la Primera Guerra Mundial.
- 140 1918 Se inaugura el primer servicio regular de correo en Estados Unidos con un viaje diario de ida y vuelta entre Washington y Nueva York.
- 141 1919 Hugo Junkers diseña los primeros monoplanos totalmente metálicos. (2)
- 142 1920 Se generalizan las locomotoras diesel. (9)
- 143 1920 Se producen en Alemania las primeras motocicletas con motor de dos cilindros horizontales opuestos, disposición que ha perdurado hasta el presente.
- 144 1920 Se substituye el carbón por el petróleo en los buques.
- 145 1923 Aparecen los helicópteros y autogiros.
- 146 1923 En su obra "El cohete en el espacio interplanetario", Hermann Oberth establece la mayoría de las teorías básicas del vuelo espacial.
- 147 1924 Goddard lanza por primera vez un cohete de combustible líquido.
- 148 1925 Utilización de enganches automáticos en los FFCC. (9)
- 149 1926 Goddard lanza en Massachusetts el primer cohete.
- 150 1928 En Austria, el barón Gurdo von Piquet propone un sistema de tres estaciones orbitales alrededor de la Tierra.
- 151 1930 Turbina de gas aplicada a la propulsión del avión. (2)
- 152 1930 Se construyen los coches sobre un bastidor rígido que comprendían las ruedas y los demás mecanismos.

- 153 1930 La cámara de combustión Kegel Duse de Oberth, es disparada sobre una base de pruebas usando oxígeno líquido y gasolina.
- 154 1933 Fabricación de aviones modernos Douglas y Boeing.
- 155 1933 Aparece la primera locomotora diesel-eléctrica.
- 156 1934 Grunberg construye el hidroala. (1)
- 157 1934 Corre en Estados Unidos el primer tren de carga arrastrado por una locomotora diesel.
- 158 1934 Citroen produce el Fraction Avant, el primer tren de tamaño medio con tracción delantera y suspensión independiente.
- 159 1934 F Porsche diseña el Volkswagen. (1)
- 160 1935 Un autorrail Bugatti consigue un nuevo récord de velocidad entre París y Estrasburgo, a una velocidad promedio de 130 km/h.
- 161 1937 El Ing. Enrique Focke fabrica en Alemania el primer helicóptero práctico del mundo.
- 162 1940 En América Igor I. Sikorsky fabrica el primer helicóptero funcional.
- 163 1940 Comienzan a utilizarse hidroalas provistas de una sola ala en cada bastidor.
- 164 1940 Radar y retropulsión en la aviación. (2)
- 165 1944 El Tecnológico de California investiga sobre cohetes de gran altura y dispara su "Private A".
- 166 1948 Entra en servicio el Vickers Viscount, primer avión de línea en usar turbohélice.
- 167 1950 Se emplea el arranque eléctrico en la motocicleta.
- 168 1950 Christopher Cockerell ideó una especie de cortina de aire y agua sobre la que deberían elevarse las embarcaciones marítimas pequeñas. Con ello, nacieron los aerodeslizadores anfibios. (3)
- 169 1950 Entra en operación el sistema de contenedores. (3)
- 170 1952 Entra en servicio el primer avión comercial a reacción, el "Comet" de Inglaterra.
- 171 1954 Es botado el "Nautilus", primer submarino atómico. (3)

- 172 1954 Primer avión que despegó y aterrizó verticalmente, el "Convair XF4-1".
- 173 1957 El 4 de octubre comienza la era espacial, cuando la URSS logra poner en órbita el Sputnik 1, el primer satélite artificial de la historia colocado mediante el primer vuelo espacial. (17)
- 174 1958 El 31 de enero, Estados Unidos orbita el "Explorer", su primer satélite artificial.
- 175 1959 Es botado el primer buque mercante nuclear, el "Savannah", que representaba el primer adelanto en el campo de la propulsión de navíos.
- 176 1964 Inicia operaciones el tren japonés Tokaido, al inaugurar la línea Sinkansen para el transporte de pasajeros entre Tokio y Osaka a una velocidad de 210 km/hr, rompiendo récords de velocidad. (9) (18)
- 177 1966 La nave espacial soviética "Luna IX", logra alunizar suavemente por primera vez.
- 178 1968 Se diseña el método de sustentación magnética.
- 179 1968 Primer buque construido por sistemas en Hamburgo. (3)
- 180 1970 Portabarcas del tipo Lash y Seabee. (5)
- 181 1972 Sexto y último descenso Apolo en la luna.
- 182 1972 Hace su vuelo inaugural el Airbus, avión europeo que puede llevar hasta 300 pasajeros en servicios regulares entre París y Londres.
- 183 1973 Se pone en órbita el Skylab la primera estación espacial verdadera.
- 184 1975 Se une un vehículo espacial americano con un soviético, siendo el primer encuentro entre los dos tradicionales rivales del espacio.
- 185 1975 La nave soviética "Venus IX" aterriza suavemente sobre la superficie de Venus.
- 186 1976 Las naves americanas Viking I y II aterrizan suavemente en Marte.
- 187 1976 Entran en servicio los buques-tanque petroleros de medio millón de toneladas de peso muerto. (5)
- 188 1976 Después de más de seis años de pruebas, construcción y certificación de seguridad, el Concorde, primer avión supersónico

- comercial, hace un vuelo inaugural de servicio aéreo de pasajeros entre Heathrow y Bahrein. (18)
- 189 1981 Los EUA sitúan en el espacio la lanzadera o transbordador espacial "Enterprise". (17)
- 190 1981 El tren francés TGV (tren a gran velocidad) establece un récord mundial al alcanzar 380 km/hr. (18)
- 191 1983 El británico Richard Noble, con su vehículo "Trust II" impulsado por un motor de avión de caza, establece el récord mundial de velocidad terrestre de 1,033 km/hr. (19)
- 192 1985 Es lanzado el transbordador Discovery que realiza la primera reparación de un satélite en el espacio. (18)
- 193 1986 Otro transbordador espacial de los EUA, el "Challenger", explota y mueren siete personas. Este fracaso retrasa el programa espacial que se realiza más lentamente. (17)
- 194 1987 Es fabricado en los EUA el coche solar Sunraycer, que recorrió 3,220 kilómetros en Australia en una carrera para promoción. La empresa General Motors invirtió más de un millón de dólares.
- 195 1990 El TGV alcanza 513 km/hr en un tramo del servicio de pasajeros en Francia. (18)

1.2 Breve historia de la ingeniería aplicada al Transporte

Antes de entrar en tema, cabe aclarar que el objetivo de esta sección es describir, en forma general, el desarrollo histórico de las técnicas encaminadas a resolver los problemas específicos del transporte, sin hacer énfasis en fechas o sucesos (los cuales han sido ya descritos en la sección anterior). Ambos temas están directamente relacionados puesto que la innovación tecnológica en el transporte motiva y obliga a mejorar la forma en que se usan tales tecnologías, y recíprocamente. Sin embargo, se da el caso de transportes que se han desarrollado de manera prácticamente aislada y casi autónoma y no por mejoras en su utilización (caso común de crecimiento sin planificación). Por otro lado, se da el caso del desarrollo de ideas, conocimientos y técnicas que no son aplicables en su momento y tienen que esperar el desarrollo de los transportes y del sistema económico en general para poder ser aplicados.

A continuación se hace una descripción de las etapas más importantes (y algunos de los factores condicionantes) en la aplicación de la Ingeniería al transporte, para finalizar el capítulo con unas breves notas sobre diversas disciplinas directamente relacionadas con el transporte.

ETAPA PRIMITIVA En esta época el ser humano hace utilización de sí mismo como modo de transporte, sin más vías que las que le proporciona la naturaleza y sin más ayuda que sus piernas, brazos e imaginación, teniendo como único objetivo el moverse y acarrear aquello que le fuera necesario para su supervivencia. Es así como nacen los primeros problemas de transporte y las respectivas soluciones: el ser humano ideó formas más seguras y fáciles para llevar sus pertenencias, de proteger sus pies y formó veredas. En éste momento, debido al asentamiento en lugares fijos y la creación de comunidades, los problemas de abastecimiento de alimentos y de comunicación con otras comunidades, motivan que el ser humano domestique animales y los utilice como tracción o como modos de transporte. También, en esta época el ser humano elabora las primeras embarcaciones (balsas) para aprovechar la fuerza de los ríos o de los vientos para desplazarse.

Los dos anteriores ejemplos son característicos de un fenómeno importante: *la utilización de las fuerzas de la naturaleza para transportarse*. Tiempo después, con el hallazgo de la rueda se amplía el horizonte, ya que ahora es posible mover un mayor volumen, con mayor facilidad a mayores distancias; sin embargo, esto planteó el problema básico de la transportación, en una forma más clara: ¿Qué características debería tener el vehículo y qué clase de vía seleccionar (terrestre, acuática o aérea)?

ETAPA FEUDAL No puede darse una fecha precisa del surgimiento de esta etapa. La mejor característica que se puede considerar para ubicar a las innovaciones del transporte en esa época es que el desarrollo de los pueblos era relativamente grande, es decir, se trata ya de civilizaciones y no de grupos relativamente primitivos. La solución que cada civilización dio al problema planteado fue dada de acuerdo con su nivel de desarrollo cultural. Así, mientras los egipcios construyeron únicamente plataformas de madera con troncos deslizantes y caminos rudimentarios, los romanos construyeron, aunque tiempo después, caminos con alto grado de previsión y diseño utilizando carretas tiradas por caballos. También y simultáneamente surgieron técnicas de navegación y construcción de vías acuáticas (por ejemplo, en la Gran Tenochtitlan), basadas en la acumulación de experiencias transmitidas de padres a hijos.

Posteriormente, y con la aparición de los grandes imperios, viene un gran auge de los modos de transporte. Con ello, se motiva el crecimiento, tanto en la cantidad como en la calidad de los transportes (ya que a las potencias les aseguraba la hegemonía mundial). Esto dio lugar a la creación de las técnicas para la construcción de vehículos, caminos, naves, etc. Por ejemplo, a la conquista de un nuevo territorio seguía la construcción de una red caminera o de puertos necesarios; además, en esta época se realizan grandes viajes transoceánicos y se

establecen rutas comerciales. Asimismo, se desarrollan mejores sistemas de operación de los transportes.

Naturalmente son las carreteras y los caminos, en la tierra, y los grandes barcos y galeones, en el mar, los que tienen un predominio absoluto y, consecuentemente, toda la atención de los técnicos y personal relacionado con el transporte. Destacan en este tiempo el príncipe de Portugal, Enrique "el Navegante", ser humano erudito y científico, que reunió en torno suyo a sabios cristianos, judíos y árabes que realizaron mapas mejores. Además, portugueses, españoles, holandeses e ingleses se dieron a la tarea de descubrir rutas marítimas comerciales y a la construcción de mejores barcos como los clippers, que contaban con grandes velas y afiladas proas, con lo cual dominaron los mares durante algunos años hasta el advenimiento del barco de vapor.

ETAPA INDUSTRIAL Es en esta etapa en donde puede decirse que están las fuerzas que, por primera vez, aceleran la aplicación sistemática de la Ingeniería al transporte, ya que se hace evidente la necesidad de mover grandes volúmenes de productos y materia prima, como consecuencia del auge industrial alcanzado. Todo esto plantea problemas que motivaron el desarrollo de un nuevo modo de transporte: el ferrocarril, que resultó como consecuencia de uno de los descubrimientos básicos de esta época: la máquina de vapor, elemento que unido a un apropiado sistema de transmisión y rodamiento, generó la locomotora de vapor, siendo ésta el primer tipo de ferrocarril que existió.

La aparición del ferrocarril, llega a solucionar el problema del volumen y la velocidad de transportación terrestre, pero origina otros: "para poner en funcionamiento el ferrocarril se requería de una infraestructura especial, de declives menos inclinados, y de curvas no pronunciadas. No era posible colocarlo fácilmente sobre un camino carretero existente, y por lo tanto, era necesario romper con los modelos de ubicación del anterior circuito de caminos". Como se deduce de lo anterior, es en ese momento en que empieza a ser necesario combinar conocimientos y técnicas para la ubicación, diseño y construcción de vías, terminales y carros adecuados. En 1839, Mr Sequen, en Francia, escribe el primer tratado al respecto, denominado "Arte de Trazar y Construir Caminos de Hierro".

También con el ferrocarril se hace mas evidente el efecto que el transporte tiene en la economía de una nación. Esto, por una parte, da lugar a que se realicen estudios con mayor profundidad, y por otra, a la aplicación de recursos en mayor escala destinados a favorecer el desarrollo de los sistemas o redes ferroviarias en el sistema terrestre (por ejemplo, en los EEUU), y a una mejor organización y explotación de las flotas marítimas, que también habían recibido los beneficios de la máquina de vapor.

Probablemente, es en esta época (básicamente en el siglo XVIII) donde la construcción de buenos caminos tiene sus orígenes, ya que se realizan numerosos estudios para mejorar la calidad de los mismos. Como ejemplo están

los procedimientos de construcción de los ingenieros Macadam, Gautier y los experimentos de superficies impermeables de Sassenay y Malo de Coutine, etc., que unidos con la invención del cemento portland y el advenimiento de la maquinaria de vapor sentaron las bases para la construcción moderna de caminos.

También ya se empieza a incubar el transporte aéreo, ya que se experimenta con vuelos a imitación de pájaros (aunque la mayoría de estos experimentos terminaron trágicamente) y en globo. El más afortunado y científico fue Lilienthal que diseñó los primeros planeadores y dio origen a la aerodinámica.

ETAPA MODERNA Esta nace propiamente a finales del siglo XIX con un nuevo modo de transporte, característico de la era moderna: el automóvil, que es el resultado de múltiples experimentos con la máquina de vapor adaptada a las carreteras. Sin embargo, es hasta que se le adapta el motor de combustión interna y se diseñan los neumáticos que empieza su desarrollo. En 1886 en Alemania, Daimler fabricó el primer automóvil basado en los cuatro tiempos del motor de combustión interna y, en Francia, Michelin introdujo los neumáticos en las ruedas, que a manera de almohadas absorbían obstáculos y desniveles del camino. De esta manera, empieza a competir con el ferrocarril y a desplazarlo paulatinamente, haciendo que poco a poco los caminos recuperen el predominio que gozaron, antes de la aparición del ferrocarril.

Por otra parte, la aparición del automóvil y sus derivados (autobuses de carga y pasajeros) y el uso extensivo que de él hace el ser humano, sobre todo en el medio urbano, condiciona el auge de la industria más poderosa y mejor organizada de la primera mitad del siglo: la fabricación de automóviles. Esta industria perfecciona o crea las tecnologías necesarias para asegurar el dominio de los mercados de venta. Además, es la que conjuntamente con la industria petrolera presionó para que se diera preferencia a la manufactura, perfeccionamiento e investigación de los vehículos de combustión interna, dejando a un lado lo relacionado con los vehículos eléctricos. Esta era del automóvil se ha caracterizado porque, además de otros inconvenientes del uso indiscriminado del automóvil (que requiere una gran cantidad de capital invertido en infraestructura y operación) se presentan un gran cúmulo de problemas, que hacen necesario estudios más profundos, como son: el congestionamiento de tránsito en carreteras y ciudades, el diseño adecuado de nuevas características operativas, una gran cantidad de accidentes, la contaminación ambiental, etcétera, que distraen recursos de investigación necesarios para otros modos de transporte (lo que explica su estancamiento relativo).

Quizá la única excepción a lo anterior lo constituye el transporte aéreo. En efecto, en 1919 nace propiamente el modo de transporte que ha requerido del mayor grado de tecnología y sistematización: el avión. Resultado del esfuerzo de muchos pilotos temerarios, y de no menos audaces diseñadores, se hace posible

un sueño del ser humano: la conquista del aire. Como es bien conocido, el primer vuelo controlado con un aparato más pesado que el aire tuvo lugar en EEUU en 1903, y lo efectuaron los hermanos Wright. Sin embargo, el transporte aéreo debió enfrentar muchos problemas técnicos como son: el diseño geométrico y mecánico de sus componentes estructurales, propulsores, direccionales, etc., la construcción de pistas y terminales adecuados a sus necesidades, la reglamentación de su operación, etc. Muchos de sus problemas fueron resueltos debido sobre todo, al acontecimiento más notable del siglo: las guerras mundiales. En éstas, se desarrollan gran cantidad de técnicas que benefician en gran escala a todos los modos de transporte, y particularmente al avión. Se le incorporan motores más poderosos, que lo hacen alcanzar velocidades de hasta 200 km/hr en la Primera Guerra Mundial y de 400 km/hr en la Segunda Guerra Mundial. Hay que señalar que la aviación comercial nace precisamente al término de esta última guerra, utilizando ya material aeronáutico. Un ejemplo de esto lo son las fábricas Douglas y Boeing. En 1907 se realizó, en Francia, el primer vuelo de un helicóptero tripulado. A pesar de que en el año 1500 Leonardo da Vinci tenía la idea de la hélice horizontal, puede decirse que el vuelo vertical característico de los helicópteros nace hasta 1940 cuando Igor Sikorski diseña sus helicópteros sin alas y con paletas montadas en un eje vertical. A partir de la culminación de la Segunda Guerra Mundial y hasta nuestros días, el desarrollo de todos los modos de transporte es acelerado y constante, además de que han surgido otros modos de transporte como son: los transportes por ductos, por bandas, por cables, por canales artificiales y esclusas, etc.

Cabe mencionar que un papel preponderante en el desarrollo y creación de nuevas técnicas, lo tienen asignado las empresas explotadoras o prestadoras de servicios de transportación, así como las dedicadas a la construcción y diseño de vehículos e infraestructura. También ha sido necesaria la intervención del Estado en la regulación y legislación del servicio, así como el apoyo prestado (mediante infraestructura y planificación), no solo a las compañías explotadoras, sino también a los usuarios. La crisis de energéticos derivados del petróleo de 1973 (aunque ya algunas décadas atrás se había previsto) hizo recordar que es un recurso natural no renovable que pronto puede agotarse. Evidentemente, ello no implica la desaparición del vehículo o los transportes terrestres, sino el cambio en el sistema de propulsión. Tal es el caso de los motores eléctricos, principalmente, y en menor grado motores nucleares y de otras fuentes de energía.

Muchos avances logrados en los diferentes modos de transporte fueron posibles sobre todo por el desarrollo de diversas disciplinas entre las que se encuentran:

- La Ingeniería Civil (especialmente la relacionada con los sistemas de transporte), que ha proporcionado elementos necesarios para la creación de infraestructura (vías, caminos, puentes, edificios, etc.).
- La Ingeniería Mecánica y Eléctrica, que realiza innovaciones constantes en la maquinaria y equipo de los modos de transporte.

- La Ingeniería de Tránsito, encargada de resolver, principalmente, los problemas de circulación de los automóviles, mediante diversos estudios de diseño funcional de la vialidad, análisis de capacidad, diseño geométrico, etc., aunque muchos de sus principios son aplicables a la mayoría de los modos de transporte restantes.
- La Ingeniería de Sistemas, que ha contribuido al desarrollo de técnicas de planificación, diseño y explotación de los sistemas de transporte, para hacerlos más eficientes y eficaces, al optimizarse los recursos disponibles. Esta disciplina, además, ha hecho posible la integración de los modos de transporte, mediante su interacción ordenada (transportación intermodal y multimodal), lo cual evita competencias inútiles y un mejor aprovechamiento de las características de cada uno de ellos.
- El alto grado de desarrollo de las ciencias matemáticas relacionadas con la aplicación en la administración y ciencias sociales (por ejemplo, la Investigación de Operaciones, la Probabilidad y Estadística aplicada, los modelos de simulación para el transporte, etc.), constituyen una gran herramienta para el análisis de los problemas y la toma de decisiones.
- La economía y algunas de sus derivaciones (Micro-economía, Economía de la Ingeniería, Economía de la Transportación, Macroeconomía, etc.), que permiten hacer un uso más racional de los recursos destinados al transporte, así como para evaluar la efectividad y alcances de los sistemas de transporte con que cuenta una región o país.
- Existen, además, muchos estudios de disciplinas como la Sociología, la Psicología, el Urbanismo, el Derecho, la Ecología, etc. que han proporcionado las bases para "humanizar" y proteger al ser humano de las consecuencias que el desarrollo de los transportes le ocasiona en su vida diaria y en su actividad social.

2 Transporte, concepto e importancia

2.1 El concepto de transporte

A continuación se incluye una serie de definiciones sobre el concepto de transporte, propuestas por diversos autores, y enunciados en estricto orden cronológico. Creemos que dan una pauta para definir el transporte, aunque hay que notar que se presentan ciertas divergencias en algunos casos.

1. "Es, de todas las operaciones que efectúa el ser humano, una de las más necesarias y la más multiforme a la vez. No hay uno sólo de nuestros actos, que no implique en su elaboración, en su realización, el desplazamiento de personas, de cosas, de pensamiento." (Fuentes, 1960).
2. "No es un fin en sí mismo, es un medio para lograr ciertos fines económicos." (Voigt, 1964).
3. "Además del transporte como actividad económica, productiva y de renta, debemos considerar el transporte individual como actividad económica y objeto de consumo, por ejemplo para el transporte entre lugares de residencia y de trabajo o para el consumo de ocio (descanso, esparcimiento o deporte)." (González, 1973)
4. "Desde el punto de vista económico, es una necesidad consecuente de la insuficiencia de producción, en cualquier localidad, de todos los bienes de consumo necesarios, así como la posibilidad de fabricar otros productos, en cantidad superior al consumo local." (Togno, 1975).
5. "Es el traslado de un sitio a otro, de personas y mercancías, motivado por el hecho de que están en un lugar pero se necesitan en otro." (Thompson, 1976).
6. "Existen dos clases de transporte: primero, el de productos manufacturados o materias primas a, o desde el lugar de venta o de producción. Segundo, el de las personas que necesitan recorrer la distancia que separa físicamente los lugares donde deben desarrollar las actividades que realizan durante el día". (Lane, 1976)
7. "Es la expresión del intercambio material tanto de mercancías como de personas. A medida que la especialización económica y cultural se va propagando de un lugar a otro, actúa como vínculo que une a la sociedad humana." (Rees, 1976)
8. "Es un proceso tecnológico, económico y social que tiene la función de trasladar en el espacio a personas y bienes, o sea, para llevar satisfactores a necesidades distantes o viceversa, para vencer las barreras de tiempo y

espacio, de tal forma que se conserven ciertas propiedades cualitativas de ambos." (Muñoz de Luna, 1976)

9. "Es el traslado en el espacio de personas o cosas venciendo la resistencia del espacio al movimiento de formas materiales." (Suárez, 1977)
10. "Es el conjunto de acciones que continúan el proceso de producción de los bienes materiales por medio de su traslado." (Andronov, 1977).
11. "El transporte es el movimiento físico de personas y bienes entre dos lugares." (Wood, 1989)
12. "El transporte carretero es el fundamento crítico en el que está basado el complejo industrial y tecnológico en los Estados Unidos de América." (Mannering, 1990)
13. "Transportar es llevar algo de un sitio a otro. Pero, normalmente, solo usamos la palabra para referirnos a distancias o cargas más o menos grandes o para hablar de los vehículos donde se realiza el transporte." (Segura, 1991)
14. "Los sistemas de transporte son la respuesta a las crecientes necesidades de comunicación entre individuos como entre sociedades para la movilidad de mercancías como parte de las economías regionales y mundial." (Tolley, 1995)
15. "El transporte es un sistema integrado por tres elementos fundamentales interaccionados entre sí: la infraestructura, el vehículo y la empresa o servicio." (Izquierdo, 2001)
16. "Es el movimiento de personas, materiales o productos desde el punto donde se producen, cultivan o elaboran, a otro donde se consumen, transforman, manufacturan, distribuyen o almacenan." (Portales, 2001)
17. "El transporte es un sistema organizacional y tecnológico que apunta a trasladar personas y mercancías de un lugar a otro para balancear el desfase espacial y temporal entre los centros de oferta y demanda. Lo anterior plantea el problema de realizar este traslado en forma eficiente y sustentable." (Garrido, 2001)
18. "Por muy importantes que parezcan las empresas transportistas, su participación estará siempre supeditada a otros fines económicos o sociales. Debe quedar muy claro que el transporte es una variable derivada de otras necesidades principales". (Ruiz, 2007)

De estos conceptos podemos concluir lo siguiente: es un proceso, esto es, un conjunto de acciones que se repite constantemente; que tiene por objeto el cambio de posición con respecto al espacio de personas y/o cosas, cuya utilidad es mayor en otro lugar. Además, por esto último, se encuentra íntimamente ligado a eventos

económicos y sociales, por lo que reviste gran importancia al condicionar la realización de tales eventos a las características de cantidad, calidad y de forma que se puedan otorgar a las acciones de traslado. Por ello, es un fenómeno complejo, con características especiales, que incluso dependen del enfoque con que se analicen.

Sin embargo, dicha complejidad no debe ser excusa para hacer cuestionamientos parciales o para deformar el problema, y consecuentemente, proponer análisis poco fundamentados. Tal es el caso de la confusión que existe entre transporte, tráfico y tránsito. Dicha confusión lleva al error de creer que sólo con más infraestructura es posible resolver el problema de transporte, o también, de que una cantidad muy grande de vehículos representa un gran tráfico. Para aclarar, pueden revisarse las dos definiciones siguientes.

Tránsito es el fenómeno físico de pasar por un punto o lugar específico (calle, estación, puerto, pasillo, etc.).

Tráfico es la acción (que puede involucrar movimiento o no), de comerciar con bienes, y por lo tanto no es aplicable en la actualidad a las personas.

De hecho, el transporte es un fenómeno con causas y efectos vinculados y traslapados en los contextos sociales, económicos y tecnológicos, relacionado tanto con personas como con cosas, y con determinados objetivos a cumplir, y por esto, con características definidas que los términos tránsito y tráfico no explican. Más bien, los fenómenos de tránsito son una consecuencia (entre otras), de la realización de transporte. Es decir, para poder llevar a cabo la transportación de bienes o personas, es necesario pasar, esto es, transitar por algún medio físico, lugar, calle, etc. Por otra parte, las acciones de tráfico (de bienes, propiamente), sólo son posibles merced a la participación del transporte que las lleva del lugar del oferente al lugar del demandante, puesto que generalmente las gentes que trafican se encuentran separadas en el espacio, y por ello recurren al transporte. En síntesis, la relación entre estos tres conceptos diferentes, bien puede darse como sigue:

Tráfico —→ transporte de cosas — ~~tránsito~~ tránsito de vehículos

2.2 Impactos del transporte

Cualquiera que sea el enfoque que se emplee, la región en estudio o el grupo humano involucrado; es innegable el impacto que tiene el transporte. Tal impacto oscila entre lo positivo y lo negativo, dependiendo de las características de los sistemas de transporte y de su adecuación a la comunidad donde se crean u operan tales sistemas. En efecto, todo sistema de transporte puede proporcionar ciertos beneficios o ventajas y, en contrapartida, ocasionar otros costos o desventajas, por lo que es imprescindible la consideración y análisis cuidadoso de estos aspectos, a fin de conocer el valor real de dichos sistemas de transporte, o sea, la comparación de beneficios contra costos, para una correcta evaluación, tanto de un sistema que ya esté en operación como de varias opciones a implantar.

Sin embargo, a pesar del reconocido interés que reviste la evaluación de tales impactos del transporte, debe tenerse presente dos problemas al abordar su medición: primero, que no todos los efectos son mensurables con el mismo criterio o patrón, lo que dificulta el análisis; y segundo, que siendo el transporte causa y efecto de muchas de las actividades del ser humano, conlleva un alto grado de dinamismo lo cual se refleja en su variabilidad que aumenta debido a muchos factores exógenos.

En la figura 2.1 se representa la clasificación que proponemos para agrupar los impactos de que se viene hablando.

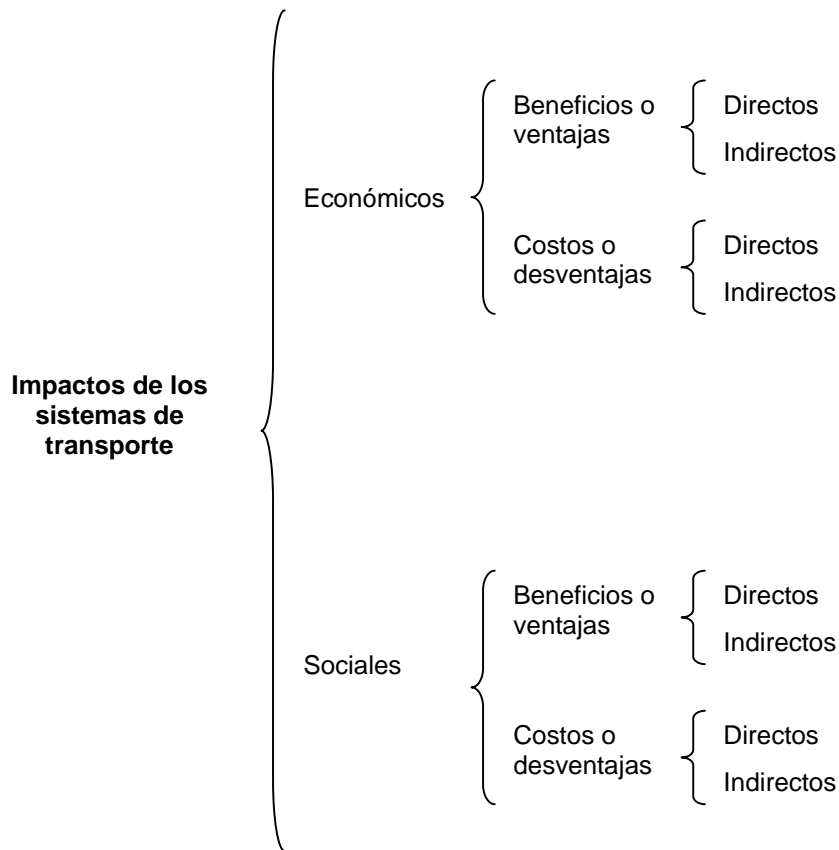


Figura 2.1
Clasificación de los impactos del transporte

En primer término, aparece la diferencia entre los impactos económicos y los sociales. Los primeros, se refieren a aspectos que están relacionados con los procesos o fenómenos que acrecientan o gravan las economías de los particulares, de las empresas e instituciones, o en general, del país en su conjunto. Asimismo, los impactos sociales se relacionan con los procesos de las interrelaciones de hombres y grupos, y la forma en que los sistemas de transporte alteran el curso de los acontecimientos de la sociedad. Resulta difícil, y algunas veces incorrecto, separar los dos grupos de impactos, así como de algunas subclasificaciones que se tratarán a continuación. Sin embargo, es necesario hacerlo con el fin de ordenar y jerarquizar los conceptos, aunque de antemano se sabe que las separaciones no son rígidas o absolutas, y un mismo impacto tiene repercusiones económicas y sociales, o directas e indirectas, etcétera.

La segunda clasificación corresponde a la distinción entre beneficios o ventajas y costos o desventajas. Aquéllos se refieren a los aspectos positivos o deseables que se obtienen de un sistema de transporte. Así, los costos son los efectos negativos o indeseables del mismo sistema.

Por último, tenemos la clasificación de directos o indirectos, que tratan de distinguir si el efecto recae en los usuarios, empresa o en aquellos íntimamente relacionados con el sistema de transporte (impactos directos); o si recaen en terceros, que sin participar o promover a los sistemas de transporte, se ven beneficiados o afectados por él, lo que se conoce como impactos indirectos.

A continuación se presenta una lista de impactos del transporte, clasificados bajo el criterio anterior. La extensión de la lista y la profundidad de los conceptos no pretenden ser exhaustivos aunque si lo más clara posible.

2.2.1 Beneficios y costos económicos

2.2.1.1 Beneficios económicos directos

1. Aumenta el valor de lo transportado, o sea su utilidad, al modificar su posición en el espacio. (Bonavia, Michael, 1955).
2. Multiplica los beneficios de diversas economías, ya sea de individuos o de grupos, al ponerlas en contacto (Fuentes Delgado, 1961).
3. Al mejorar su velocidad y capacidad, permite ahorros sustanciales de tiempo (tanto de horas-hombre, como horas-máquina). (Coastworth, John, 1976)
4. Rompe las barreras al flujo de recursos de todo tipo. (Bonavia, M, 1955).
5. Aumenta los mercados potenciales de los productos. (Bonavia, M, 1955).
6. Aporta las bases para la producción, al reducir costos, ya que facilita la obtención de mano de obra, materia prima, recursos financieros y canales de distribución. (Bonavia, M, 1955).
7. Hace posible vincular adecuadamente producción con consumo. (Cuba, Ministerio de Transporte, 1970).
8. Logra disminuir costos y arroja recursos a otros sectores. (Coastworth, John, 1976).
9. Permite la explotación de los recursos naturales, así como puede ayudar a la regulación de dicha explotación. (Dickey, J, 1977).
10. Modifica los flujos de bienes, y genera otros. (González, José, 1973).
11. Genera utilidad a la inversión en empresas prestatarias del servicio.
12. Es el elemento más sensible para la industria turística. (Fuentes Delgado, Rubén, 1960, y Medina Urbizu, E 1963).
13. La duración de la infraestructura provoca ahorros a largo plazo. (Thompson, J M, 1976).

2.2.1.2 Beneficios económicos indirectos

- 1) Provoca el surgimiento de gran cantidad de empresas que contribuyen a la construcción u operación de los sistemas de transporte. (Coastworth, John, 1976).
- 2) Provoca el crecimiento económico en la zona de influencia (trazo, ruta, estación, etc.). (Togno, Francisco, 1975).
- 3) Atrae capitales a las zonas comunicadas (Voigt, F, 1964, y Rees, P, 1976).
- 4) Une regiones o áreas con recursos básicos diferentes, promoviendo la especialización o división regional del trabajo, integrando la economía nacional. (Togno, Francisco, 1975, Medina U. 1963).
- 5) Mejora la utilización de recursos de una sociedad, al permitir una organización más racional. (Dickey, 1977).
- 6) Permite una mejor distribución del ingreso. (Fuentes Delgado, 1960).
- 7) Amplía el mercado de trabajo. (Garduño, Javier, 1975).
- 8) Logra cierta nivelación de precios, desapareciendo ventajas de producción. (Fuentes Delgado, 1960 y Bonavia, Michael 1955).
- 9) Un nivel de inversión alto en los transportes, provoca un incremento en la producción, y esto a su vez, motiva nuevas inversiones en transporte. (Bonavia, Michael, 1955, e Ingerout, 1973).
- 10) Puede corregir el patrón de usos del suelo, y darle flexibilidad a la localización fabril (González, J, 1973 y Dickey, J, 1977).
- 11) Modifica el valor de ciertos inmuebles. (Garduño, Javier, 1975).
- 12) En general elevan el nivel económico de la población. (Bonavia, M, 1955).
- 13) Promueve la tecnología de la producción, ya que contiene un potencial de cambio tecnológico (mayor velocidad, capacidad, accesibilidad, etc.) que en ocasiones rebasa a los usuarios. (Coastworth, John, 1976 y Rees, Peter, 1976).

2.2.1.3 Costos económicos directos

- 1) Erogaciones para la fabricación y mantenimiento de la infraestructura y equipo. (Thompson, J 1976 y Voigt, F, 1964).
- 2) Valor de las expropiaciones, ya sea por demolición de obstáculos, o por la nacionalización de bienes o empresas. (Krueckerberg y Silvers, 1978).
- 3) Valor de los terrenos de la terminal y de la ruta. (Garduño, Javier 1975).
- 4) Deterioro de infraestructura, vehículos y mercancía por mal uso. (Thompson, J 1976 y Toledo Rojas, et al 1976).
- 5) Horas-Hombre y bienes perdidos por la congestión o desorganización del sistema de transporte (Thompson, J 1976; Fuentes Delgado, R, 1960, y Dickey, John, 1977).
- 6) Grandes pérdidas materiales y humanas por accidentes. (Mills, Edwin S, 1975).
- 7) Daño al medio ambiente por ruido, polución atmosférica, vibración, y toda alteración ecológica (Fuentes Delgado, R, 1960, Dickey, J, 1977 y Mills, E, 1975).

- 8) Riesgo de pérdida, daño o molestia de bienes y personas transportadas. (Thompson, J, 1976, y Cal y Mayor, R, 1978).
- 9) La falta de planeación puede llevar a la competencia inútil y al fracaso de otros medios de transporte (Togno, Francisco, 1975, y Toledo Rojas et al, 1976).
- 10) Cambio constante de infraestructura para superar su obsolescencia y no atrapar a las futuras generaciones a usar infraestructura inadecuada. (Thompson, J, 1976).

2.2.1.2 Costos económicos indirectos

- 1) Consumen gran parte de las inversiones públicas, restándolo a otros sectores. (Togno, Francisco, 1975, e Ingeroute, 1973).
- 2) Crean zonas de vaciado económico, es decir, al atraer flujos monetarios a las zonas por donde circulan lo restan a otras zonas dando condiciones para su decaimiento. (Voigt, Fritz, 1964).
- 3) Sin una regulación jurídica adecuada, crean el caos y frenan la producción. (Voigt, Fritz, 1964, y Coatsworth, John, 1976).
- 4) Durante la construcción o fabricación causa daños y molestias a terceros (Dickey, J, 1977, y Krueckeberg, L, 1978).
- 5) Cuando los servicios de transporte se desarrollan sin control generan procesos económicos y necesidades que después no pueden satisfacer, por ejemplo, en las ciudades. (Valero C, 1970).
- 6) Encadena al flujo de bienes y personas a un espacio definido (puente, carretera, ruta, etcétera). (Voigt, Fritz, 1964).
- 7) El transporte provoca también el aumento desmesurado del valor de la tierra, dando lugar a especulación y acaparamiento. (Coatsworth, John. 1976, y Dickey, John).
- 8) La competencia mercantilista, no coordinada, puede llevar a dañar los intereses de los usuarios del transporte. (Togno, F, 1975).
- 9) Algunos gobiernos buscan más la fastuosidad que la funcionalidad, dando lugar a grandes desembolsos innecesarios. (Ingeroute, 1973)
- 10) En las naciones y regiones atrasadas, se tiene dependencia de las tecnologías de las áreas desarrolladas, lo que condiciona su economía. (Sheinvar, Isaac, 1978).

2.2.2 Beneficios y costos sociales

2.2.2.1 Beneficios sociales directos

- 1) Al elevar el nivel económico de una región, dan facilidad al desarrollo social y cultural. (Rees, Peter, 1976, y Dickey, John, 1977)
- 2) El transporte en sí, es productor de satisfactores y facilidades destinadas al bienestar y comodidad social. (Bonavia, Michel. 1975, Medina U, 1963).
- 3) Promueve la homogeneidad de las condiciones de vida de los grupos humanos, facilitando la integración de los pueblos. (Dickey, John, 1977, y Medina U, 1963).
- 4) Son vías de penetración social, destinadas a posibilitar la prestación de otros servicios, como educación, sanidad, etcétera (Cuba, Ministerio de Transportes, 1970).
- 5) Puede permitir dedicar más tiempo al descanso y a la cultura (Medina, V, 1963 y Cervantes S. 1974).
- 6) Al proporcionar movilidad y accesibilidad en mayor escala, aumenta las oportunidades de realización de los individuos. (Dickey, John. 1977).
- 7) Puede ser usado con fines políticos, estratégicos y de defensa (Medina, V, 1963).

2.2.2.2 Beneficios sociales indirectos

- 1) El cambio tecnológico promueve el cambio mental y político de la sociedad. (Coatsworth, John, 1976).
- 2) Modifica los patrones urbanos y rurales decrecimiento, al corregir la tendencia en la localización de, principalmente, el empleo, la habitación y los servicios. (González, José, 1973, Coatsworth, John, 1976, y Krueckerberg, et al, 1978).
- 3) Absorbe un elevado volumen de empleo directo e indirecto (en algunos países llega al orden del 10% de la población económicamente activa). (Togno, Francisco, 1975, y González, J, 1973).
- 4) En zonas rurales es el único medio de comunicación con otras comunidades. (González, José, 1973).
- 5) Los problemas comunes y simultáneos se conocen e identifican, lo que motiva la agrupación de los afectados para resolverlos en conjunto. (González, J, 1973).
- 6) Es el factor más importante para la evolución económica y social en el espacio, de los grupos humanos. (González, J, 1973).
- 7) Permite la descentralización de las funciones e instalaciones. (Fuentes Delgado, R, 1960).
- 8) Beneficia la imagen política nacional e internacional de los gobiernos. (González, J, 1973, y Fuentes D, R, 1960).

2.2.2.3 Costos sociales directos

- 1) Las pérdidas de tiempo que merman el tiempo dedicado al descanso, al estudio, etc., además provocan malestar entre los usuarios. Dicho malestar lo proyectan, en otras actividades, con lo que se perjudica la productividad. (Cervantes S, 1974).
- 2) Las mejoras tecnológicas sólo son accesibles a las capas de la población que detentan el poder político o económico, y abren la brecha entre ellos y los menos favorecidos. (Ilich, Ivan, 1978).
- 3) Los accidentes causan daños sociales no mesurables. (Thompson, J, 1976)
- 4) La baja rentabilidad de algunos sistemas hace que los capitales no fluyan hacia ciertas zonas, formando un ciclo negativo, pues tales zonas quedan sumidas en el atraso. (Cuba, Ministerio de Transportes, 1970).
- 5) Al mejorar los transportes, frecuentemente se desplaza mano de obra contribuyendo al desempleo. (Sheinvar, Isaac, 1978).

2.2.2.3 Costos sociales indirectos

- 1) Al masificar al usuario, y al irrumpir en sus espacios culturales, cambia al individuo sus rasgos distintivos. (Bonavia, Michael, 1975).
- 2) Al deteriorar el medio ambiente, crean necesidades y gastos irracionales, y distraen la atención de las actividades productivas. (Mills, Edwins, 1975).
- 3) Puede originar daños psíquicos y psicológicos. (Anderson, N, 1965).
- 4) Provoca procesos de migración y concentración humana con trastornos al sistema económico y social. (Coatsworth, J, 1976).
- 5) En muchos casos, sobre todo en áreas urbanas, en lugar de comunicar, desintegra y aísla a los grupos (González, J, 1973, y Valero, Javier, 1970).

3 Conceptos de sistemas

Para una adecuada comprensión del significado, alcances e importancia del análisis de los sistemas de transporte, es necesario revisar una serie de conceptos sobre los sistemas en general y su método de análisis, para apoyar las propuestas que hacemos en el capítulo cuarto de un conjunto de definiciones sobre los sistemas de transportación, vistos precisamente como sistemas.

3.1 El enfoque de sistemas

Los apartados siguientes (3.1.1 y 3.1.2) son una transcripción de algunos párrafos de las notas que prepararon los profesores Préstamo, Cepeda y Forcada (véase la bibliografía al final del capítulo), con objeto de explicar con claridad el origen e importancia del enfoque de sistemas.

3.1.1 Antecedentes

"A lo largo de la historia, los hombres han sentido la necesidad de explicarse los hechos cotidianos que ocurren a su alrededor. El proceso del desarrollo del pensamiento científico se ha visto influenciado en las distintas etapas históricas por diversos factores culturales, sociales o religiosos. En el curso de este desarrollo, que implica tanto facultades de visualización como de cálculo, se refinaron cada vez más las imágenes del hombre. A medida que esas imágenes se hicieron más abstractas y consistentes, se convirtieron en modelos. Se deriva de aquí que todo modelo material implica tras de sí un modelo formal.

Dentro de este contexto de abstracción en imágenes de hechos reales, surgen diversos modelos interpretativos en el pensamiento antiguo. De esta manera por ejemplo, la pirámide egipcia con su orden riguroso de muy pocas piedras en la cúspide y muchas piedras que soportan el peso, sirvió como modelo para la concepción de una pirámide social, o en términos más generales, de una jerarquía, sea de sacerdotes o jefes militares, o de ideas, valores o propósitos como ocurrió en la filosofía de Aristóteles."

3.1.1.1 El modelo mecanicista

“El modelo mecanicista surge en la Edad Media con el desarrollo de las operaciones mecánicas. El enfoque de este modelo consiste en que los mecanismos pueden desarmarse y volverse a armar. La abstracción formal de la realidad por medio del enfoque mecanicista, trae consigo un gran número de proposiciones y planteamientos de diversos problemas de índole social y científico. La analogía de válvulas y bombas permite realizar la primera descripción adecuada de la circulación de la sangre, la descripción de las estrellas en el sistema de Newton, etc. El mecanismo clásico implicaba la noción de un todo completamente igual a la suma de sus partes, que podía andar al revés, y que se comportaría de manera exactamente igual sin tener en cuenta la frecuencia con que se desarman y volvieren a armar esas partes e independientemente del orden en que se produjeran tales operaciones. Implicaba entonces la noción de que sus partes nunca se modificaban recíprocamente en forma significativa. Del mismo modo que tal modelo implicaba ciertos supuestos, excluía otros. No tenían lugar en él las nociones de cambio irreversible, de crecimiento, de evolución, de novedad y finalidad.”

3.1.1.2 El modelo organicista

“Los fracasos visibles del concepto de mecanismo se hicieron más obvias en las ciencias sociales y en la biología, derivadas como consecuencia de la exclusión de los conceptos mencionados anteriormente de irreversibilidad y no evolución. El uso de conceptos como totalidad, interrelación, crecimiento, etc., durante el transcurso del siglo XIX trae como resultado la utilización del concepto de organismo como un modelo apropiado de la realidad. De acuerdo con esta posición, un organismo no puede organizarse a través del análisis aislado de cada una de sus partes, al menos en algunas de sus partes esenciales. No puede desarmarse y volverse a armar sin que se deteriore. El comportamiento del organismo es irreversible. Posee un pasado significativo y una historia -dos cosas de las que carece el mecanismo clásico- pero solo es parcialmente histórico pues se creía que obedecía a su propia y peculiar ley orgánica, reguladora de su nacimiento, madurez, muerte, ley imposible de analizar en función de causas mecánicas claramente identificadas. El concepto de organismo, sin embargo, parecía ser más sutil que el de mecanismo porque implicaba dos supuestos justificados:

- a) Que existían detalles estructurales muchísimos más intrincados
- b) Que había muchas más clases diferentes de estructuras que las que se podían encontrar en la mecánica y en las ciencias poco desarrolladas de la época.

Los modelos organicistas cumplieron un propósito útil en la biología, en la sociología educacional e incluso en la economía, al dirigir la atención de los estudiosos hacia los problemas de la interdependencia y el crecimiento. En la actualidad la mayoría de los biólogos han abandonado sus afirmaciones sobre los imponderables de la ley orgánica, reguladora de los procesos de nacimiento,

madurez y muerte de los organismos y los han reemplazado por esfuerzos tendientes al análisis estructural y la medición cuantitativa, con resultados imponentes y fructíferos. El análisis moderno del organismo se refiere a su cuadro de organización, sus puntos de decisión, sus flujos de retroalimentación, sus canales de flujo, así como a su comportamiento innovador, a sus objetivos y a un modelo de información: en resumen, está construyendo un lenguaje que compite con los modelos modernos de comunicación y control.”

3.1.2 Surgimiento del enfoque de sistemas

“Como se ha señalado, ni el mecanismo ni el organismo podían explicar a satisfacción la peculiar cohesión social que se encontraba en muchas sociedades, culturas o pueblos; se requería de un nuevo enfoque. Churchman, define un sistema como "la integración de un conjunto de elementos que trabajan agrupadamente para el objetivo general del todo". Esta definición incorpora una serie de conceptos que será necesario describir con más detalle. En primer lugar se dice que un sistema es un conjunto de elementos integrados. La identificación de los elementos de un sistema debiera obtenerse no a partir de un análisis estructural, en los casos en que tratemos con sistemas físicos, sino a raíz de un análisis funcional. ¿Por qué la identificación de elementos a partir de un análisis funcional? Vimos en el modelo mecanicista que éste se componía de un conjunto de partes que pueden desarmarse y volverse a armar. Esta composición estructural determinaba las nociones de evolución, de crecimiento, etc. La identificación de componentes por funciones permite la construcción de sistemas que incorpora los conceptos antes descritos.

El trabajo agrupado del conjunto de elementos integrados que componen el sistema implica aquí el concepto de cohesión. La cohesión en este caso no la determina la estructura física del sistema, esto es, el ensamble de las piezas. En el caso del mecanismo se refiere más bien al elemento que conecta un componente con determinadas funciones con otro. Este elemento es la información. Se dice por último, que existe un objetivo general del sistema visto como un todo. La idea de un objetivo general justifica la existencia del sistema. El proceso de razonamiento en la solución de problemas específicos se inicia con la identificación de un objetivo central y subobjetivos adyacentes.

El enfoque de sistemas consiste en el conjunto completo de subsistemas, planes y medidas de actuación para cumplir con un objetivo general. El enfoque de sistemas es una manera de pensar acerca de estos sistemas totales y sus componentes. La característica esencial de esta forma de pensar es que el pensamiento interviene desde el inicio para dictar la manera en que nosotros describimos lo que pensamos hacer. Debemos preguntarnos desde el comienzo como pensar acerca de un sistema y nuestra forma de pensar nos dirá como describiremos el sistema. El enfoque de sistemas tendrá que modificar algunos

procesos mentales típicos y sugerir algunas modificaciones radicales del razonamiento. ¿Qué queremos decir con esto? Antes que nada, se refiere a la modificación de esquemas establecidos de la abstracción de la realidad. Si utilizamos el ejemplo del automóvil de Churchman vemos que la forma de describir un automóvil es, primeramente pensando para qué sirve, acerca de su función y no enumerando el conjunto de partes que integran su estructura. Si se empieza pensando acerca de las funciones del automóvil, o sea, para qué sirve (¿cuál es su objetivo?), entonces no se describiría el automóvil hablando de sus cuatro llantas, su máquina, tamaño, etc.; se comenzará pensando que un automóvil es un medio mecánico para transportar a un grupo de personas de un lugar a otro, a un costo determinado. Tan pronto como se empieza a razonar de esta manera entonces la descripción del automóvil empieza a atacar nuevos aspectos, frecuentemente muy radicales. Este sería el enfoque de sistemas aplicado al transporte automotriz."

3.2 Definiciones básicas para el análisis de sistemas

Antes de entrar propiamente en tema, cabe aclarar que, a pesar de lo común que es ya el término sistema, en realidad no siempre se aplica adecuadamente. En efecto, en ocasiones se usa el término análisis de sistemas a la simple descripción de las partes que constituyen un sistema. Ello es incorrecto, puesto que en realidad se realizan análisis estructurales, contrariamente a la intención del análisis funcional característico del enfoque de sistemas. Para una correcta aplicación del análisis de sistemas no basta con la descripción de los componentes del sistema, acompañada de una somera indicación de su relación; es preciso poner mayor énfasis en las características de los componentes y profundizar en las interrelaciones, tanto de tales componentes como de éstos con el ambiente del sistema.

Por lo anterior, aunque el término sistema resulte en alguna medida conocido, existen muchos otros conceptos dentro de la teoría de los sistemas que es necesario conocer y aplicar correctamente, aunque no siempre resulten fáciles de entender. De hecho, ciertos conceptos son señalados como opcionales dentro de este documento, dada su relativa complejidad, aunque su lectura puede ser útil. Cabe señalar que las definiciones que se presentan a continuación son resultado de la lectura de diversos documentos sobre el enfoque de sistemas (destacando las obras de Ackoff, Hall y Churchman) por lo que no se pretende la autoría de ninguna de ellas (véase la bibliografía).

3.2.1 Sistema

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que buscan alcanzar un objetivo en común. Esto es, un sistema es una entidad compuesta de al menos dos elementos y una relación que se sostiene entre cada uno de esos elementos y

al menos uno de los otros elementos del conjunto. Cada uno de los elementos del sistema está conectado a cualquier otro elemento, directa o indirectamente. Además cualquier subconjunto de elementos está relacionado con cualquier otro subconjunto. Un sistema es un todo que no puede ser tratado por partes sin la pérdida de sus características esenciales, y de aquí que debe ser estudiado como un todo. Actualmente, en lugar de explicar un todo en términos de sus partes, las partes empiezan a ser explicadas en términos del todo. De manera un poco mas formal, también se le puede definir "como aquel conjunto, S , compuesto por un conjunto de elementos E ($e_0, e_1, e_2, e_3, \dots, e_i, \dots, e_n$) y un conjunto de relaciones R ($r_{01}, r_{02}, \dots, r_{ij}, \dots, r_{nm}$)".

3.2.2 Clases de sistemas

3.2.2.1 Sistema abstracto

Un sistema abstracto es uno en el que todos sus elementos son conceptos. Ejemplos de sistemas abstractos son los lenguajes, sistemas filosóficos, y sistemas de números. Los números son conceptos pero sus representaciones, es decir los símbolos ya escritos en el pizarrón, papel, etc., son cosas físicas. Por lo tanto, los símbolos escritos no son parte del sistema de números. El uso de diferentes símbolos (arábigos, romanos, etc.) para representar los mismos números no cambian la naturaleza del sistema.

3.2.2.2 Sistema concreto

Un sistema concreto es uno en el que al menos dos de sus elementos son objetos (cosas físicas). En los sistemas concretos, el establecimiento de las propiedades de los elementos y la naturaleza de las relaciones entre ellos requiere investigación con un componente empírico en ello.

3.2.3 Componentes de un sistema

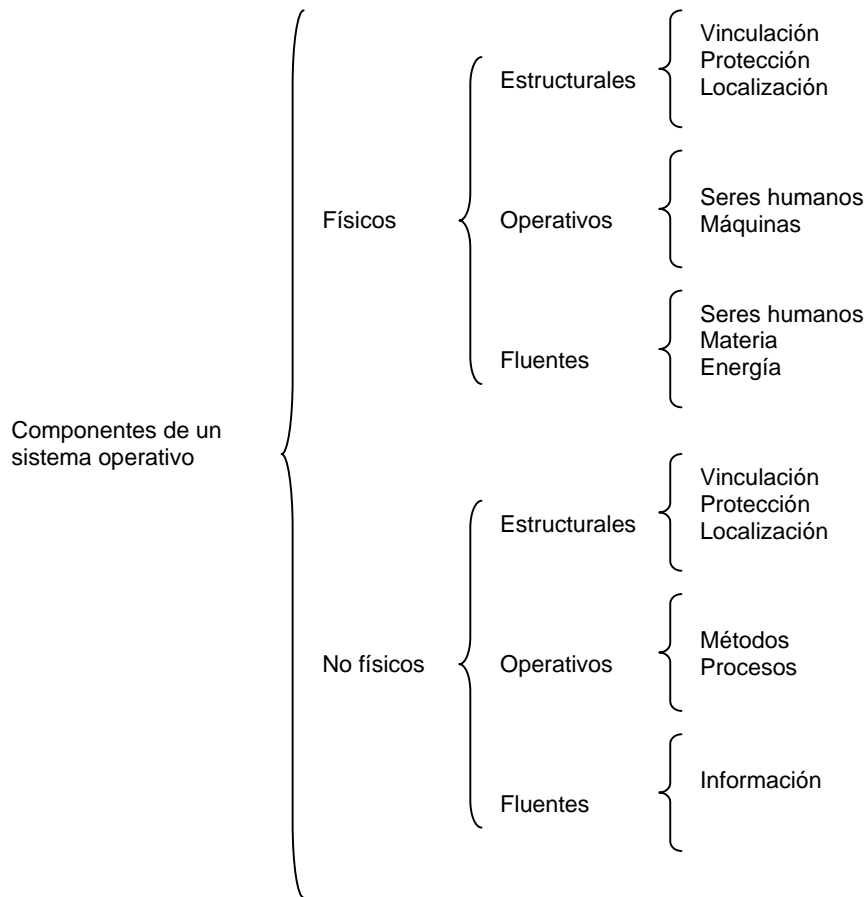
Un sistema puede descomponerse en aquellas partes que mediante el cumplimiento de su función hacen posible el logro del objetivo común del sistema. En otras palabras, son las unidades sin las cuales no habría funcionamiento del sistema. El concepto de componente es claro, una vez comprendido el hecho de que todo sistema puede ser dividido en partes menores capaces de ejecutar acciones propias a los objetivos del sistema, esto es, de interrelacionarse. Ello quiere decir que en realidad, es el analista el que define cómo, porqué y cuáles componentes (esto es, divisiones del sistema) deben ser considerados.

3.2.3.1 Componentes de los sistemas operativos

Analizaremos este tipo de sistema para comprender posteriormente porqué los sistemas de transporte cumplen una función que podemos generalizar como una operación relativamente modificante de la materia, que consiste en ubicarla en un

lugar diferente al original, por lo que es factible clasificarlos como sistemas operativos. En realidad, el transporte realmente cumple su función sólo si la materia a ser transportada no sufre modificaciones físicas o alteraciones funcionales, excepto aquello que esté relacionado con su nueva ubicación geográfica.

Los sistemas operativos cuentan con tres clases de componentes: estructurales, operativos y fluentes. Cada una de estas clases puede subdividirse a su vez en físicos y no físicos, según se trate de elementos reales o conceptuales, respectivamente. A continuación se presenta una serie de definiciones que, sobre los anteriores términos y otros relacionados, hacen Blair y Wilson (véase Blair y Wilson, 1973).



3.2.3.1.1 Componente estructural es aquella parte estática del sistema, cuya principal función es mantener la necesaria relación entre las partes, como un todo funcional. Son tres los aspectos generales de la función de los componentes estructurales de un sistema: localizar, vincular y proteger las partes del sistema. Localizar es proporcionar un lugar identificable para la actividad y espacio para ésta.

Vincular es mantener, por medio de soportes, contenedores y otras restricciones, las partes del sistema en las relaciones recíprocas adecuadas.
Proteger, es todo aquello que proporciona una defensa real contra posibles daños.

3.2.3.1.2 Componente operativo, es la parte del sistema que realiza las actividades de proceso; esto es, que actúa sobre otros elementos del sistema (por lo general, componentes de flujo), y los modifica de alguna manera dada, ya sea separándolos, combinándolos, o provocando cambios estructurales. Hay tres clases muy distintas de componentes operativos: hombres, máquinas y métodos. Los dos primeros corresponden a los componentes físicos, es decir, reales, en tanto que el tercero es un componente no físico o conceptual.

3.2.3.1.3 Componente fluente, es la parte del sistema que se desplaza dentro del mismo y es objeto del proceso que ejecutan los componentes operativos. Existen tres clases de flujo: materia, energía e información. El último corresponde a los componentes no físicos, y los dos primeros a los flujos físicos.

3.2.4 Relaciones de un sistema

Son los nexos que encadenan los componentes de un sistema. Se representan por medio de una flecha que conecta los componentes. Por ejemplo, en la figura siguiente se muestran dos componentes cualquiera de cierto sistema relacionados en el sentido que se indica.



Por ejemplo, pudiera decirse que los componentes A y B anteriores son dos componentes de una fábrica. Al taller (A) le llegan insumos de algún otro componente del sistema. Ahí se procesa una parte del producto y después se envía a la bodega (componente B) para su posterior envío a los compradores, etc.

3.2.5 Estado del sistema

El estado de un sistema en un momento del tiempo es el conjunto de propiedades relevantes que tiene dicho sistema en ese tiempo. Cualquier sistema posee una cantidad ilimitada de propiedades. Únicamente algunas de estas son relevantes a cualquier investigación particular. De aquí que aquellas que son relevantes pueden cambiar con el propósito de la investigación. Los valores de las propiedades relevantes constituyen el estado del sistema. En algunos casos podemos estar interesados en únicamente dos estados posibles (ejemplo:

apagado y encendido, o despierto y dormido). En otros casos podemos estar interesados en una cantidad ilimitada de estados posibles (por ejemplo, la velocidad o el peso de un sistema). Siendo así, para los fines prácticos del análisis es necesario especificar el sistema que se considera definiendo sus límites o contornos.

3.2.6 Ambiente del sistema

Es un conjunto de elementos y sus propiedades relevantes cuyos elementos no son parte del sistema, pero un cambio en cualquiera de ellos puede producir un cambio en el estado del sistema. Esto es, el ambiente de un sistema consiste en todas las variables que pueden alterar su estado. Los elementos externos que afectan propiedades irrelevantes no son parte del ambiente del sistema. Aunque los sistemas concretos y sus ambientes son cosas objetivas, también son subjetivos en cuanto a la configuración particular de los elementos que lo forman es dictada por el interés particular del investigador. Diversos observadores del mismo fenómeno pueden conceptualizarlo en diferentes sistemas y ambientes. En otras palabras, el ambiente es todo aquello sobre lo que el sistema no tiene influencia ni en sus características ni en su comportamiento, a pesar de que su desempeño sí afecta al sistema. En realidad, el concepto de ambiente está idealizado, pues la propia actuación del sistema afecta o condiciona a lo que con fines prácticos se ha considerado su ambiente.

3.2.7 Estado del ambiente de un sistema

Es (en un momento del tiempo) el conjunto de sus propiedades relevantes en ese tiempo.

En general, todo lo que se diga para un sistema y su ambiente es válido para sus elementos.

3.2.8 Evento de un sistema

Un evento de un sistema (o ambiente) es un cambio en una o más propiedades estructurales del sistema (o su ambiente) en un período de tiempo de duración especificada.

3.2.9 Atributos

Características de los componentes que determinan su acción sistémica.

3.2.10 Función de un sistema

Son las acciones intencionales que el sistema ejecuta.

3.2.11 Cambios de un sistema

Una reacción de un sistema es un evento del sistema para el cual otro evento que ocurre al mismo sistema o su ambiente, es suficiente. Esto es, una reacción es un evento del sistema que determinísticamente es causado por otro evento. Por ejemplo, si un movimiento del interruptor de un motor por un operador es suficiente para encender o apagar el motor, entonces el cambio del estado del motor es una reacción al movimiento del interruptor. En este caso, el movimiento del interruptor puede ser necesario, así como suficiente para el estado del motor. Pero un evento que es suficiente para llevar a cabo un cambio en el estado de un sistema puede no ser necesario para él. Por ejemplo, el sueño puede ser llevado a cabo por drogas administradas a una persona o ser autoinducido por la propia persona. Así, el sueño puede ser determinado por drogas, pero no necesariamente.

3.2.12 Respuesta de un sistema

Una respuesta de un sistema es un evento del sistema para el cual otro evento que ocurre al mismo sistema o su ambiente es necesario pero no suficiente; esto es, un evento del sistema producido por otro evento del sistema o del ambiente (estímulo). Así una respuesta es un evento del cual el sistema es coproductor. Por ejemplo, cuando una persona enciende la luz al caer la noche es una respuesta a la oscuridad, pero apagarse las luces cuando se cambia de posición el interruptor es una reacción.

3.2.13 Acto de un sistema

Un acto de un sistema es un evento del sistema para el cual cambios en el ambiente del sistema no son necesarios ni suficientes. Actos, por lo tanto, son eventos autodeterminados, cambios autónomos. Cambios internos -en los estados de los elementos del sistema- son necesarios y suficientes para llevar a cabo la acción. Mucho del comportamiento humano es de este tipo, pero tal comportamiento no es restringido a humanos, una máquina computadora, por ejemplo, puede haber cambiado su estado o el de su ambiente debido a su propio programa.

3.2.14 Comportamiento de un sistema

Es un evento o eventos del sistema, el cual es necesario o suficiente para otro evento en ese sistema o su ambiente. Esto es, el comportamiento es un cambio del sistema que inicia otros eventos.

Nótese que, reacciones, respuestas y actos pueden por ellos mismos constituir un comportamiento. Así mismo, son eventos del sistema cuyos antecedentes son de interés. El comportamiento consiste de eventos del sistema cuyas consecuencias son de interés. Nosotros podemos, naturalmente, estar interesados tanto en los antecedentes como en las consecuencias de los eventos de un sistema.

3.2.15 Clasificación de los sistemas en base a su comportamiento

3.2.15.1 Sistema de mantenimiento del estado. "Es aquel que puede reaccionar en sólo una forma, ante cualquier evento externo o interno, pero reacciona diferente ante diferentes eventos, y estas diferentes reacciones producen el mismo estado externo o interno. Ejemplo de estos sistemas es un termostato".

3.2.15.2 Sistema de obtención de metas. "Es aquel que responde de manera diferente a uno o más eventos externos o internos y que puede responder diferente a un evento en particular en un ambiente sin cambios, hasta que produce un estado particular. La producción de ese estado es la meta. Ejemplo de este tipo de sistemas es cualquier sistema con piloto automático".

3.2.15.3 Sistema de obtención de metas múltiples. "Es aquel que es de obtención de metas en cada uno de dos o más diferentes estados iniciales, y que puede obtener diferentes metas en cuando menos dos diferentes estados, cuya meta ha sido establecida por el estado inicial".

3.2.15.4 Sistema propositivo. "Es un sistema de propósitos múltiples, cuyas diferentes metas tienen una propiedad común. La producción de esa propiedad común es el propósito del sistema. Este tipo de sistemas puede perseguir diferentes metas, pero no selecciona la meta a ser obtenida. Ejemplo de estos sistemas lo es una computadora programada para juegos diferentes, cuya propiedad común es ganar el juego".

3.2.15.5 Sistema de propósitos múltiples. "Es aquel que produce el mismo producto en diferentes formas en el mismo estado, y que produce diferentes productos en el mismo y en diferentes estados. Así, es un sistema que cambia sus metas bajo condiciones constantes. Los seres humanos son el mejor ejemplo que se puede dar para este sistema".

3.2.15.6 Sistema de obtención de ideales. "Es un sistema de propósitos múltiples, que al alcanzar una meta u objetivo, entonces busca la siguiente meta y objetivo que más se acerque al ideal". El sistema de propósitos múltiples, a diferencia de los anteriores tipos de sistemas, debe resaltarse ya que sirve de base para definir lo que es una organización, como a continuación se presenta: "Una organización es un sistema de propósitos múltiples que contiene al menos dos elementos con propósitos múltiples, los cuales tienen un propósito en común, en relación al cual el sistema tiene una división funcional de tareas"; Además, "cada uno de sus funcionalmente distintos subsistemas puede responder al comportamiento de cualquiera de los otros subsistemas, mediante la observación o la comunicación". Por último, "al menos uno de los subsistemas tiene la función

del control". Esta definición será de utilidad para definir los que son los sistemas de transporte.

3.2.16 Proceso

Se define como la totalidad de los componentes rodeados por todos los objetos, atributos, y relaciones para producir un resultado determinado. Bajo este concepto, ningún sistema existe sin un proceso. (Optner, 1976)

3.3 Modelos y simulación para el análisis de sistemas

3.3.1 Simulación de un sistema

Simular es obtener la esencia del comportamiento de un sistema, sin haberlo operado en la realidad. En esencia, cada modelo o representación de un sistema real es una forma de simulación del mismo. Así, la simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y conducir una serie de experimentos con el propósito de entender el comportamiento del sistema o para evaluar las ventajas y desventajas de las diferentes estrategias de operación del sistema.

3.3.2 Modelo

Es toda representación de la realidad. Así, es una abstracción realizada para conocer mejor esa realidad. "Toda representación es un modelo y el objetivo de éste es proveer un cuadro simplificado e inteligible de la realidad, con el fin de comprenderla mejor". Como dicen Haggert y Chorley: "se pueden concebir los modelos como aproximaciones selectivas que, gracias a la eliminación de detalles incidentales, permiten captar en forma global algunos aspectos fundamentales, relevantes o interesantes del mundo real". Para Stanford Optner "el éxito del análisis de sistemas y la validez de sus soluciones están influenciados por la habilidad de los experimentadores para representar el mundo real del problema en forma simbólica" (Optner, 1976), esto es, de su habilidad para crear modelos confiables.

3.3.3 Variable

Es una entidad matemática de la que se desconoce su magnitud. En particular, las variables de decisión son el resultado deseado o la solución de un problema.

3.3.4 Parámetro

Es una entidad matemática que tiene un valor conocido y constante durante un ejercicio matemático dado, pero que cambia de un problema a otro. Así, los parámetros permiten definir la relación entre las variables, esto es, la estructura del modelo.

3.3.5 Calibración

"Consiste en buscar el valor de los parámetros o constantes que definen la magnitud de las relaciones en un caso específico". Así, un modelo se considera "calibrado" cuando se han encontrado los valores de los parámetros que permiten que dicho modelo "reproduzca" la realidad.

3.3.6 Características de un modelo

Un modelo debe ser lo suficientemente SIMPLE para su manipulación y comprensión por parte de quienes lo usan, lo suficientemente REPRESENTATIVO en toda su gama de implicancias que pueda tener, y lo suficientemente COMPLEJO para representar fielmente el sistema en estudio.

Resulta claro que el modelo debe cumplir, entonces, con objetivos hasta cierto punto opuestos. Lo que define el grado de precisión del modelo es el nivel de conocimiento al que se desea llegar. Esto se basa en que un modelo de una situación es simplemente una representación de nuestro nivel de conocimiento de la situación concreta real correspondiente. La creación de un modelo supone una reducción de la cantidad de elementos distinguibles desde el nivel máximo correspondiente al sistema real hacia la cantidad con que se construye el modelo, que es un nivel muchas veces menor.

Además, para la construcción de un modelo se debe contar con: un objeto o sistema por se investigado; una intención claramente expresada con la cual hacer una selección; un proceso de observación y abstracción; un proceso de traducción a través de medios de representación; y un proceso de verificación y obtención de conclusiones.

3.3.7 Clasificación de los modelos.

A continuación se presenta la clasificación de los modelos realizada por Echenique por ser la mas clara y completa.

- a) Para qué está hecho el modelo
 - a.1 Descriptivo, explica la realidad.
 - a.2 Predictivo, provee una imagen futura del sistema.
 - a.3 Explorativo, descubre por especulación otras realidades que son lógicamente posibles.

- a.4 De planeamiento (o de optimización), introduce una medida de optimización en términos de los criterios elegidos para determinar los medios para alcanzar las metas fijadas.
- b) De qué está hecho el modelo
 - b.1 Físico o real.
 - b.1.1 Icónico, con solo un cambio de escala.
 - b.1.2 Analógico, con propiedades diferentes pero con similar comportamiento.
 - b.2 Conceptual.
 - b.2.1 Verbales, que describe la realidad en términos lógicos utilizando la palabra oral o escrita.
 - b.2.2 Matemáticos, que describe la realidad en términos de símbolos y relaciones formales.
- c) Cómo está tratado el factor tiempo
 - c.1 Estáticos, que representan un determinado estado del sistema en el tiempo.
 - c.2 Dinámicos, que describen el desarrollo o evolución del sistema en el tiempo.

3.3.8 Metodología para la construcción y validación de modelos

Según Ackoff (1971), esta metodología podría tener las siguientes fases.

- Identificación del problema.
- Construcción del modelo.
- Derivación de soluciones.
- Prueba del modelo.
- Implantación de soluciones.
- Control y retroalimentación.

Escapa a los alcances del presente trabajo la explicación de cada una de estas fases, pero se sugiere consultar la bibliografía.

4 Clasificación, atributos y componentes de los sistemas de transporte

Con base en los conceptos y definiciones de los capítulos anteriores, y en especial del capítulo tercero, a continuación se presentan una serie de explicaciones o de propuestas de definiciones. La mayoría de estas definiciones han sido utilizadas en el trabajo académico desde hace casi tres décadas, por lo cual se han beneficiado del análisis y la discusión respetuosa con muchos alumnos y compañeros de trabajo. Sin embargo, reconocemos que aún distan mucho por ser conceptos definitivos o totalmente acabados y que incluso habrán de ser corregidos o ampliados para aumentar su capacidad para la investigación de los transportes.

Por otra parte, es preciso reconocer que, en algunos casos, los usos y costumbres siguen imponiendo términos confusos pero aceptados por la mayoría de las personas. Tal es el caso del concepto de transporte “foráneo” que se usa mucho en lugar de especificar si se trata de transporte interurbano, suburbano, o incluso rural. Así, si bien no se puede impedir que se siga usando la idea de transporte foráneo, creemos que no podemos aceptar en un trabajo académico un término tan impreciso, por lo que habrá que seguir pugnando por el uso de conceptos más apropiados. Esperamos contribuir un poco a dicho objetivo.

4.1 Clasificación de los sistemas de transporte

El punto de partida para el análisis del transporte lo representa la identificación del sistema. Así, se pudiera empezar por identificar y caracterizar al SISTEMA MUNDIAL DE TRANSPORTE. Sin embargo, para los fines del presente curso, el sistema que más interesa es el que corresponde al país. En otras palabras, cuando se hable de sistema de transporte se entenderá que nos estamos refiriendo al SISTEMA NACIONAL DE TRANSPORTE, a partir del cual se irán clasificando sus partes, que son todos aquellos componentes físicos y no-físicos, ya sean estructurales operativos o fluentes que al interrelacionarse hacen posible el traslado de las personas y cosas dentro del espacio físico del territorio nacional.

Antes de identificar a las partes del sistema nacional de transporte (en adelante SNT), parece necesario definir con mayor precisión lo que significa sector transporte, pues puede usarse como sinónimo del SNT. En efecto, es posible definir el SECTOR TRANSPORTE de una economía como el conjunto de instituciones, personas, recursos y servicios que participan de manera directa en la prestación de un servicio que consiste en trasladar personas y bienes. Esta oferta tiene su natural contrapartida en la demanda de tales servicios, por parte de los demás sectores de la economía.

Como se ve, la identificación de sector transporte es casi equivalente a la del SNT, sólo que desde el punto de vista económico. En adelante, usaremos indistintamente uno u otro término para referirnos al SNT.

El primer nivel de desagregación del SNT es según el ÁMBITO GEOGRAFICO en el que dan servicio: urbano, suburbano, interurbano, rural, e internacional.

- El transporte urbano es el que se da al interior de las ciudades.
- El transporte suburbano es el que se realiza entre las ciudades y sus suburbios, esto es, las zonas que, por razones político-administrativas o geográficas, no pertenecen directamente a la ciudad, pero están íntimamente ligadas a su vida económica y social, o forman parte de su misma "mancha urbana".
- El transporte interurbano es el que tiene como origen y destino de los viajes a las ciudades.
- El transporte rural es el que se realiza entre zonas no urbanas, aunque el destino final sea alguna ciudad.
- El transporte internacional es el que posibilita la comunicación entre los países.

La diferencia de cada uno de estos tipos de transporte no se limita al ámbito geográfico, aunque sea ello lo que sirva para clasificarlo. Hay diferencias importantes en la tecnología usada, el tipo de productos o de personas que se transportan, y en general la forma como se realiza el transporte. Ello hace necesario introducir nuevas definiciones (medio y modo) que sirvan para caracterizar, esto es, identificar lo más claramente posible, al servicio de transporte que se este analizando.

Se entiende por MEDIO de transporte al medio físico por el que transitan los vehículos que son usados para el traslado de las personas y los bienes. Así, pueden distinguirse los siguientes medios: terrestre, aéreo y acuático.

Se entiende por MODO de transporte a las entidades que se caracterizan por una similitud tecnológica, operativa y administrativa. Dicha similitud se traduce en una forma específica de realizar el traslado de las personas y los bienes.

Cabe señalar que dentro de cada ÁMBITO pueden emplearse diferentes MEDIOS físicos y en cada MEDIO de transporte habrá varios MODOS de transporte. Por ejemplo, en el medio de transporte terrestre y en el ámbito interurbano se tienen los siguientes modos: carretera, ferrocarril y ductos. En el medio de transporte aéreo se tiene a la aviación comercial, a la aviación general y a los helicópteros. Finalmente, en el medio acuático se incluye al cabotaje, la navegación de altura y al transporte fluvial. En ocasiones también se consideran, dentro del medio terrestre y en el ámbito interurbano, a ciertos modos de transporte como la arriería o los cargadores.

Para complementar el anterior ejemplo, considérense los principales modos de transporte que operan en el medio terrestre y en el ámbito urbano, específicamente en la Ciudad de México: autobuses urbanos, STC-Metro, trolebuses y tranvías, taxis colectivos, autos particulares, transporte particular de empleados, autobuses escolares, autobuses suburbanos, etc.

Asimismo, en cada modo de transporte puede haber una ESPECIALIZACION, según se dediquen al transporte de PASAJEROS o de CARGA. Así, en el anterior párrafo se ilustraron los modos de transporte de pasajeros en el ámbito urbano.

Como es evidente, para una identificación completa de un servicio de transporte determinado, se deben especificar su ámbito, su medio, su modo y su especialidad.

4.2 Atributos de los sistemas de transportación

Es claro que la principal dificultad que enfrenta el tomador de decisiones en la gestión de los sistemas de transporte consiste en encontrar la combinación de características del sistema de transporte que resultan necesarias para garantizar un servicio adecuado. Es obvio que la lista de características posibles es realmente muy grande. Por tal motivo, es imprescindible tratar de saber cuáles características contribuyen más al logro de objetivos del sistema de transporte (esto es, que atributos son más importantes). A continuación se hace una primer descripción de algunas de las características o posibles atributos de los sistemas de transporte, reconociendo que la lista no es exhaustiva: velocidad, capacidad, seguridad, frecuencia, regularidad, facilidad de acceso, simplicidad, responsabilidad, cobertura, flexibilidad y economía (Thompson, J, 1976, Voigt, F, 1964, y Shumer, L A, 1968).

Cabe aclarar que tales características, en algunos textos, son tratadas por diversos autores ya sea disminuidas en su importancia o combinadas y oscurecidas, por lo que es necesario detenerse al análisis separado de cada una de ellos. También, es de notar que no se puede definir un sistema ideal de transportes para toda región en todo momento histórico, puesto que las condiciones objetivas varían constantemente. Con esto se quiere dar a entender que los conceptos siguientes, si bien representan una definición de las características ideales que se deberían procurar para mejorar el desempeño de los sistemas de transporte, no siempre es posible mejorar en todos los atributos simultáneamente. Así, para la optimización debe buscarse la aplicación de una estrategia tomando en cuenta el conjunto, esto es, observando los conflictos entre los atributos o características de los proyectos de transporte, para decidir en que atributos se puede enfocar el esfuerzo y llegar a soluciones factibles y adecuadas.

4.2.1 Velocidad

Es sabido que a la relación que existe entre el tiempo empleado para ir de un punto dado a otro, y la distancia que hay que recorrer por ello, se le conoce como velocidad. Sin embargo, en la operación de los transportes, es conveniente distinguir, para empezar, dos tipos de velocidades: velocidad de marcha y velocidad comercial. La primera está referida a las características técnicas intrínsecas del modo de transporte, o sea la que se obtiene al circular en condiciones irrestrictas. La segunda incluye además de la circulación, las restricciones a la misma como son detenciones y obstrucciones por otros vehículos, o por los usuarios del sistema. Así, esta última representa la velocidad a la que realmente opera el modo de transporte, según las condiciones que le rodean y es la velocidad que perciben los usuarios, siendo la que determina el tiempo de viaje de cada uno de ellos.

4.2.2 Capacidad

En general se refiere a la cantidad de usuarios que pueden ser atendidos. Ahora, en atención a su dimensión física, un sistema cuenta con una cantidad determinada de plazas o de espacio factible de ser ocupado como máximo en un momento determinado. Por otro lado, si tomamos en cuenta la cantidad de pasajeros o de bienes transportados en la unidad de tiempo llegaremos al concepto de capacidad del sistema que involucra tanto la capacidad física de los vehículos como la forma en que se organice el servicio (frecuencia, regularidad, distancias a recorrer, etc.).

4.2.3 Seguridad

Este concepto atañe a la probabilidad de que ocurran daños y pérdidas de bienes, o accidentes a las personas, tanto dentro como fuera del sistema de transporte, como resultado de la operación del mismo. La idea de probabilidad lleva a pensar en determinados rangos de seguridad; esto es, en límites mínimos y máximos, de acuerdo con el costo inherente a la adopción de medidas que prevengan la ocurrencia de tales eventos indeseables.

4.2.4 Frecuencia

Este atributo, que puede identificarse mejor como frecuencia de servicio, se mide al registrar la cantidad de vehículos que pasan por un punto dado o una sección de la ruta, en cierto periodo o intervalo de tiempo específico. De hecho, es más común emplear su recíproco, que es el intervalo de paso entre un vehículo y el siguiente. Por ejemplo, si se tuviera una frecuencia de 60 veh/hr, indicaría un intervalo de paso de un minuto por vehículo.

La importancia de la frecuencia radica en que, si no existe una programación estricta en los horarios de paso, es decir, el servicio es prácticamente aleatorio, el tiempo de espera promedio es igual a la mitad del valor del intervalo de paso. En el ejemplo anterior, si los vehículos pasan cada minuto, el tiempo de espera promedio sería de treinta segundos. Esto resalta la influencia de la programación o despacho de los vehículos en el nivel de servicio que se proporciona a los usuarios, tanto en los tiempos de espera como en la saturación de la capacidad de los vehículos.

4.2.5 Regularidad

Es la medida en la que se mantienen todos y cada uno de los demás atributos del sistema de transporte. Frecuentemente, en el transporte de pasajeros, se le relaciona con el grado en que son respetados los intervalos de paso, así como los horarios de arribo a las estaciones. En eso estriba su importancia ya que el grado de confianza que se tiene en el funcionamiento del sistema de transporte, que generalmente se traduce en el ordenamiento de las actividades que preceden al transporte, reduciendo los tiempos de espera. Sin embargo, no sólo es importante la regularidad de la frecuencia del servicio. Los usuarios requieren y exigen que no

haya cambios abruptos en aspectos como la regularidad en precios, capacidad, tiempos de recorrido, etcétera.

4.2.6 Facilidad de acceso

Representa el conjunto de actividades o trámites previos a la realización del viaje, como son reservaciones, pago del servicio, recorridos complementarios hasta el destino o desde el origen, etc. Involucra, entonces, tanto los aspectos administrativos, como las actividades físicas que son necesarias para poder abordar o cargar los vehículos. Es preciso notar que este es un atributo de los modos de transporte. Por lo tanto, no debe confundirse este concepto con el de la "accesibilidad" que esta mas relacionada con las condiciones o facilidades que tiene una zona de la ciudad o del país para llegar a ella. Así, si la accesibilidad de las zonas depende de la dotación del sistema de transporte y de varios atributos de este sistema de transporte (cobertura, capacidad, etc.) y, ciertamente de la facilidad de acceso que los usuarios tienen a dicho sistema de transporte, en combinación con las tarifas aplicadas y la disponibilidad a pagar por parte de los usuarios.

4.2.7 Simplicidad

Esta característica de los sistemas de transporte (que Schumer llama "Comprehensiveness" y Fritz Voigt "Capacidad de formación de red"), indica en que medida es posible la prestación del servicio, con una cantidad mínima de transbordos o rupturas de carga. Obviamente, cuanto menos se transborde, menores son los problemas del usuario. Si es un remitente de carga, por ejemplo, disminuirán sus preocupaciones respecto del control y manejo de sus bienes.

4.2.8 Responsabilidad

Independientemente del nivel de seguridad que ofrezca un sistema de transporte, una vez ocurrido los daños o pérdidas, existe una variación en la forma en que el sistema responde por tales acontecimientos. Tal variación depende principalmente, como todas las demás características, del grado de organización y desarrollo del sistema de transporte, especialmente en este caso, de la legislación y control por parte del estado.

4.2.9 Cobertura

A lo largo de las rutas, o alrededor de las estaciones o nodos de la red, se forman zonas que reciben el impacto del funcionamiento de los sistemas de transporte. El conjunto total de tales zonas es lo que conforma la cobertura de tales sistemas. En ocasiones, los mercadólogos, usan este término para designar en forma restrictiva al conjunto de usuarios del servicio.

4.2.10 Flexibilidad

Representa la medida en que el sistema determina si es capaz de adaptarse a los cambios en los requerimientos de funcionamiento. En especial importan los cambios en la demanda, en dos planos, a saber: en el espacio y en el tiempo. Así, en el caso de que haya un cambio en la localización de la demanda, corresponde atender el cambio de la ruta o infraestructura de una zona a otra. Por otra parte, la facilidad para adaptarse al cambio de volúmenes de carga o pasaje, durante el día, mes, año, etc., es otra forma de ver la flexibilidad.

4.2.11 Costo o beneficio económico total

Esto se refiere tanto a la cantidad de recursos consumidos para la realización del transporte o liberados por la eficiencia del mismo, como a la generación de utilidad y riqueza mediante el transporte de bienes y personas. Obviamente, el impacto económico, tanto positivo como negativo, es de vital importancia, por lo que el análisis de los sistemas de transporte debe procurar, al diseñar o rediseñar un sistema de transporte determinado, que el resultado sea lo más positivo posible, tanto social como económicamente, es decir, que proporcione la mayor cantidad posible de ventajas y beneficios y la menor posible de desventajas y costos.

4.3 Componentes de los sistemas de transportación

Un sistema puede descomponerse en aquellas partes que mediante el cumplimiento de su función hacen posible el logro del objetivo común del sistema. En otras palabras, son unidades sin las cuales no habría funcionamiento del sistema.

El concepto de componente es claro; una vez comprendido el hecho de que todo sistema puede ser dividido en partes menores capaces de ejecutar acciones propias a los objetivos del sistema, esto es, de interrelacionarse. Esto significa que, en realidad, es el analista el que define cómo, por qué y cuáles componentes, o sea qué divisiones del sistema, deben ser considerados.

En la presente sección asumiremos que los sistemas de transporte son un tipo de los "sistemas operativos" (véase esta definición en el tercer capítulo). Por ello, analizaremos este tipo de sistema para comprender posteriormente por qué los sistemas de transporte cumplen una función para generalizar como una operación modificadora sobre la materia, que consiste en ubicarla en un lugar diferente al original, por lo que pueden ser clasificados como sistemas operativos. Dichos sistemas cuentan con tres clases de componentes: estructurales, operativos y fluentes. Cada una de estas clases puede subdividirse a su vez en físicos y no físicos, según se trate de elementos reales o conceptuales respectivamente.

En una sección anterior se intentó definir y señalar las características más importantes de los tipos de componentes que constituyen los sistemas de transporte. Ahora, para ejemplificar la identificación de tales componentes dentro de los sistemas de transporte, se ilustrarán usando para ello el ámbito del transporte urbano. En este ámbito, también se cumple la división de elementos físicos y no físicos. Entre los primeros tenemos a los vehículos y a las personas; en tanto que en los segundos a los aspectos organizativos y administrativos de las empresas prestatarias, así como de la coordinación de los diferentes modos de transporte, entre otros elementos.

Dentro de los componentes estructurales físicos, están por ejemplo las terminales y estaciones como elementos de localización, puesto que dan un lugar identificable para las actividades de ascenso-descenso de usuarios, o de revisión de los vehículos, o para el estacionamiento, etc. Como elementos estructurales físicos de vinculación tenemos a la red vial, o a las redes de vías electrificadas, que mantienen restrictivamente la relación entre los componentes al marcar el camino o espacio adecuado para que circulen los vehículos; es decir, se relacionan los vehículos con las estaciones de origen a destino. Los componentes estructurales físicos de protección son, por ejemplo, los señalamientos restrictivos, informativos o preventivos para la circulación, que previenen contra la ocurrencia de accidentes que dañen a los elementos del sistema.

Los componentes operativos físicos son, como anteriormente se mencionó: seres humanos y máquinas; entre los primeros se incluye al personal administrativo, técnico, de seguridad, etc., y entre los segundos a los trenes urbanos, autobuses y vehículos en general, así como maquinaria de control y mantenimiento, que se complementan para realizar la actividad de proceso que en el caso de transporte urbano de pasajeros, es el traslado de los usuarios. Por último, los componentes físicos fluyentes son los usuarios y objetos que estos porten consigo, pues son ellos los que percibirán el proceso de traslado que ejecutan los componentes operativos, gracias a la unidad de relación que ofrecen los componentes estructurales.

Con el fin de describir algunos ejemplos de los componentes de diferentes sistemas de transporte se muestra la tabla IV.1.

ALGUNOS COMPONENTES FISICOS DE LOS MEDIOS Y MODOS DE TRANSPORTE

COMPONENTES ESTRUCTURALES

<u>MEDIO O MODO</u>	<u>LOCALIZACION</u>	<u>VINCULACION</u>	<u>PROTECCION</u>
AEREO	Bases aéreas y aeródromos. Bases de mantenimiento. Hangares. Salas de espera.	Pistas de rodaje. Pasillos telescópicos. Escaleras y Bandas.	Luces y sistemas de iluminación. Altura restringida en edificios. Bardas y barandales.
MARITIMO	Edificios e instalaciones sobre tierra firme: bodegas, talleres, oficinas.	Contenedores. Obras litorales: muelles, varaderos.	Diques, rompeolas, faros, canal de navegación, balizas, boyas.
FERROVIARIO	Estaciones, patios y terminales, túneles, talleres.	Vías y medios de comunicación.	Laderos y patios de clasificación.
CARRETERO	Terminales, depósitos y bodegas.	Paletas y cajas. Carreteras y caminos.	Camellones, bardas, puentes, drenajes.
DUCTOS	Zanjas y derechos de vía. Estaciones de bombeo.	Ductos.	Ductos.

COMPONENTES OPERATIVOS

<u>MEDIO O MODO</u>	<u>HOMBRES</u>	<u>MAQUINAS</u>
AEREO	Pilotos, sobrecargos, controladores de maniobras, personal administrativo y de mantenimiento.	Avión, helicóptero, radares, instrumentos de navegación, motores y turbinas.
MARITIMO	Pilotos, marinos, alijadores, estibadores, expertos, personal administrativo y de mantenimiento.	Buques, barcasas, remolcadores, motores.
FERROVIARIO	Maquinistas, fogoneros, macheteros, telegrafistas, personal administrativo y de mantenimiento.	Máquinas, vagones semi-remolques, sistemas.
CARRETERO	Operadores, macheteros, personal administrativo.	Tolvas, góndolas, cajas refrigerantes, jaulas, plataformas.
DUCTOS	Operarios y técnicos en mantenimiento.	Material de transporte, bombas y extractores.

COMPONENTES FLUENTES

<u>MEDIO O MODO</u>	MATERIA	ENERGIA
AEREO	Pasajeros, equipaje, carga, express.	Turbosinas. Electricidad.
MARITIMO	Carga, express, pasajeros, equipaje.	Diesel. Electricidad.
FERROVIARIO	Carga, express, pasajeros, equipaje.	Diesel. Electricidad.
CARRETERO	Pasajero, equipaje, carga, equipaje.	Diesel, gasolina. Electricidad.
DUCTOS	Petroleo y derivados, lodos y semi-lodos. Agua diversa.	Electricidad. Diesel.

ALGUNOS COMPONENTES NO-FISICOS DE LOS MEDIOS Y MODOS DE TRANSPORTE.

COMPONENTES ESTRUCTURALES

<u>MEDIO O MODO</u>	<u>LOCALIZACION</u>	<u>VINCULACION</u>	<u>PROTECCION</u>
AEREO	Planos de localización y distribución de edificios e instalaciones.	Organigramas y manuales de organización de la empresa y dependencias.	Ley de vías generales de comunicación. Código de comercio. Acuerdos internacionales.
MARITIMO	Planos de localización y distribución de edificios e instalaciones.	Organigramas y manuales de organización de la empresa y dependencias.	Ley de vías generales de comunicación. Código de comercio. Acuerdos internacionales.
FERROVIARIO	Planos de localización y distribución de edificios e instalaciones.	Organigramas y manuales de organización de la empresa y dependencias.	Ley de vías generales de comunicación. Código de comercio.
CARRETERO	Planos de localización y distribución de edificios e instalaciones.	Organigramas y manuales de organización de la empresa y dependencias.	Ley de vías generales de comunicación. Código de comercio. Acuerdos internacionales. Ley de sociedades mercantiles.
DUCTOS	Planos de localización y distribución de edificios e instalaciones.	Organigramas y manuales de organización de la empresa y	Ley de vías generales de comunicación.

Clasificación, atributos y componentes de los sistemas de transporte

		dependencias.	
--	--	---------------	--

COMPONENTES OPERATIVOS

<u>MEDIO O MODO</u>	<u>METODOS</u>
AEREO	Aterrizajes y despegues. Control de vuelos, carga y pasajeros. Programación del servicio.
MARITIMO	Dragado de puertos. Métodos de atraque. Estiba y alijado. Programación del servicio.
FERROVIARIO	Ordenes de tren. Operación de intervalo por distancia. Programación del servicio.
CARRETERO	Carga y descarga. Conducción en los caminos. Programación del servicio.
DUCTOS	Programación del servicio. Métodos de impulsión de la materia. Limpieza de ductos.

COMPONENTES FLUENTES

<u>MEDIO O MODO</u>	<u>INFORMACION</u>
AEREO	Demanda de viajes, oferta de otros medios, calidad del servicio, costos. Estadísticas, disposiciones administrativas, planes a ejecutar, etc.
MARITIMO	Demanda de viajes, oferta de otros medios, calidad del servicio, costos. Estadísticas, disposiciones administrativas, planes a ejecutar, etc.
FERROVIARIO	Demanda de viajes, oferta de otros medios, calidad del servicio, costos. Estadísticas, disposiciones administrativas, planes a ejecutar, etc.
CARRETERO	Demanda de viajes, oferta de otros medios, calidad del servicio, costos. Estadísticas, disposiciones administrativas, planes a ejecutar, etc.
DUCTOS	Demanda de viajes, oferta de otros medios, calidad del servicio, costos. Estadísticas, disposiciones administrativas, planes a ejecutar, etc.

Bibliografía

Abbey, Lester. Highways, an architectural approach. Van Nostrand, New York, USA, 1992.

Ackoff, Russell L. y Sasieni, Maurice W. Fundamentos de Investigación de Operaciones, Ed. Limusa. México, 1971.

Augusta, Pavel y otros. El gran libro del transporte. TSNP, Checoslovaquia, 1988.

Banco Interamericano de Desarrollo. Proyectos de Transporte, Ed. Limusa, México, 1982.

Barkin, David y King, Timothy. Desarrollo Económico Regional, Ed Siglo XXI, 1975.

Barrera, José L, y Gutiérrez, Agustin. Sistema de gestión logística para una empresa de transporte aéreo. Tesis de Lic. en Ingeniería en Transporte, IPN-UPIICSA, México, 1990.

Beckman, Mc Guire y Winsten. Economía del Transporte, Ed. Aguilar, S.A., 1979.

Bustamante, Coria, Paz y Figueroa. Ingeniería Marítima, Ed. Temas Marítimos, S. de R. L., México, 1976.

Crespo Villalaz, Carlos. Vías de Comunicación, Ed. Limusa, México, 1984.

De Goete, Paul. Tratado de los Transportes, Ed. F.C.E., México, 1978.

Drew, Donald R. Traffic Flow Theory and Control, Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1968.

Etcharren G., René. Caminos Alimentadores. Representaciones y Servicios de Ingeniería. México, 1982.

Garrido, Rodrigo H. Modelación de sistemas de distribución de carga. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 2001.

Hay, William W. An introduction to Transportation Engineering. J. Wiley & Sons, N. York, USA, 1977.

Heinen, Jorge. Caminos, Ferrocarriles y Puentes, Ed. del autor. México, 1988.

Hennes, Robert G. & Ekse, Martín. Fundamentals of Transportation Engineering, Ed Mc Graw-Hill.

Helly, Walter. Urban Systems Models, Academic Press, New, York, 1975.

Horonjeff, R. Planning and Design of Airports, Ed. Mc Graw-Hill. USA, 1973.

Isard, Walter. Location and Space Economy, The Massachussets Institute of Technology, 1974.

Krueckeberg, Donald A. y Silvers, Arthur L. Análisis de Planificación Urbana. Métodos y Modelos, Ed. Limusa, E.U.A., 1978.

Legault, Adriant. Highway and Airport Engineering, Ed. Prentice-Hall.

Lieb, Robert C. Transportation. Reston Pub. Co. Virginia, USA, 1985.

López Pedroza. Aeropuertos. Ed. Dossat, España, Madrid.

Manheim, Marvin L. Fundamentals of Transportation Systems Analysis, Vol. 1, Ed. M.I.T. Press, Cambridge, 1979.

Mannering, Fred L, and Kilaresky, Walter P. Principles of highway engineering and traffic analysis. Wiley, USA, 1990.

Marroquín Zaleta, Jaime M. Estudio del Derecho de Transporte, UPIICSA, IPN, México, 1985.

Meyer, Hichel D. y Miller Eric J. Urban Transportation Planning. A Decision Oriented Approach, Ed. Mc Graw-Hill, E.U.A., 1984.

Morlok K. Edward. Introduction to transportation engineering and planning, Ed. Mc Graw-Hill, 1978.

Ortiz Hernán, Sergio. Ferrocarriles, SAHOP, México, 1973.

Paquette, Radnor J. et al. Transportation Engineering, planning and design. Ronald Press, N. York, USA, 1972.

Payan, Jean Jacques. Les transports terrestres. La Documentation Francaise, Paris, 1990.

Perce, D W, and Nash, C A. The social appraisal of projects. A text in cost-benefit analysis. Macmillan Pub. England, 1981.

Richardson, H W. Elementos de Economía Regional, Colección Penguin Alianza.

Rico, A y Del Castillo, R. Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomo I y II, México, 1987.

SAHOP. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, SAHOP, México, 1977.

Segura Escobar, Mariano, y Torremocha, Miguel A. Qué es. Los transportes. Ed Granada. España, 1991.

Teodorovic D. Transportation Networks, Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1986.

Tolley, Rodney, and Turton, Brian. Transport systems, policy and planning. A geographical approach. Addison Wesley Longman Ltd. England, 1995.

Valdéz Becerra, R y García Falcón, A. Transporte Aéreo y Transporte Terrestre Turístico, Ed. Limusa, México, 1986.

Valdéz González, Antonio. Ingeniería del Tráfico, Ed. Dossat, Madrid, 1978.

Vuchic, Vukan R. Urban Public Transportation. Systems and Technology, Ed Prentice-Hall, EUA, 1981.

Wood, Donald F, and Johnson, James C. Contemporary Transportation. Macmillan Pub. Co., New York, USA, 1989.

Bibliografía del primer capítulo:

1. José Babini. Las revoluciones industriales. Centro Editor de America Latina, Buenos Aires, Argentina, 1972.
2. Emilio Carranza C. Resumen histórico de la aeronavegación. Costa Amic Ed. México, 1976.
3. Edward V Lewis. Barcos. Libros Time-Life, Nderland, Alemania, 1969.
4. TS Ashton. La revolución industrial. Fondo de Cultura Económica, México, 1975.
5. José González Paz. Los transportes. Edit. Salvat. Barcelona, España, 1973.
6. Eric J. Hobsbawn. Industria e imperio.
7. Eric j. Hobsbawn. Las revoluciones burguesas.
8. Emilio Sereni. Capitalismo y mercado nacional.
9. Salvat Editores, Enciclopedia Visual. Tomo I. Ed Salvat. Navarra, España. 1978.
10. David S Landes. Progreso tecnológico y revolución industrial. Ed. Tecnos, Madrid, España, 1979.
11. H. Elmer Barnes. Historia de la economía del mundo occidental. Ed. UTEHA, México. 1955.
12. Fritz Voigt. Economía de los sistemas de transporte. FCE, México, 1954.
13. F. González Roa. El problema ferrocarrilero y la compañía de los ferronales de México. Ed LER. México, 1975.
14. Henri Pirenne. Historia económica y social de la edad media. FCE. Madrid, España. 1939.
15. John H. Coatsworth. El impacto económico de los ferrocarriles en el Porfiriato. Sepsetentas, México, 1976.

16. Wood, Donald F, and Johnson, James C. Contemporary Transportation. Macmillan Pub. Co., New York, USA, 1989.
17. Segura Escobar, Mariano, y Torremocha, Miguel A. Qué es. Los transportes. Ed Granada. España, 1991.
18. Martínez, Juan M. Las máquinas de viajar. Vol. II. Ed. Debate. España, 1994.
19. Augusta, Pavel y otros. El gran libro del transporte. TSNP, Checoeslovaquia, 1988

Bibliografía del segundo capítulo:

Andronov, LP. Estudio del movimiento de mercancías y las operaciones de estibación. Editorial Mir, Moscú, URSS, 1977.

Anderson, Nels. Sociología de la comunidad urbana, Fondo de Cultura Económica, México, 1965.

Bonavia, Michael. Economía de los transportes. Fondo de Cultura Económica. México, 1955.

Cal y Mayor, Rafael. Transporte urbano. Conferencia en Curso de Ingeniería de Transporte, AMII, México, 1978.

Cervantes S, E. Ingeniería de tránsito. Seminario, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, 1974.

Dickey, John W. Manual de transporte urbano. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, España, 1977.

Espinoza Ulloa, F. La ciudad y el Metro. Sistema de Transporte Colectivo. México, 1973.

Fuentes D, Rubén. Importancia económica y social de los transportes. Artículo publicado en la revista SCOP. México, 1960.

Garduño H., Javier. Identificación y cuantificación de los beneficios y los costos en los transportes. Ciclo de conferencias, Dirección General de Ingeniería de Tránsito y Transportes, DDF, México, 1975.

Garrido, Rodrigo H. Modelación de sistemas de distribución de carga. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 2001.

Hensher, David A, and Brewer, Ann M. Transport, an economics and management perspective. Oxford Univ. Press, USA, 2001.

Ilich, Ivan. Energía y equidad - desempleo creador. Ed. Posada. México, 1978.

Ingeroute, Misión Francesa. Planeación del transporte. Artículo Inédito, Biblioteca Central, UNAM.1973.

Islas Rivera, Victor. Estructura y desarrollo del sector transporte en México. El Colegio de México. México, 1990.

Izquierdo, Rafael (editor). Transportes, un enfoque integral. Tomo I, transporte y economía del transporte. Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, España, 1994.

Krueckeberg, R. Análisis de planificación urbana, métodos y modelos. Ed. LIMUSA. México, 1978.

Lane, R y TJ Powell. Planificación analítica del transporte. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, España, 1976.

Medina U, E. Aspectos sociales y políticos de los transportes. Revista SCOP, México, 1960.

Mills, Edwin S. Economía urbana. Ed. Diana. México, 1975.

Ministerio de Transportes, Cuba. La revolución en el transporte rural. La Habana, Cuba. 1975.

Muñoz De Luna, Abel, Ingeniería de transporte. Manual informativo de la carrera. UPIICSA, IPN. México, 1976.

Portales Rodríguez, Genaro. Transportación internacional. Ed Trillas, México, 2001.

Rees, Peter. Transporte y comercio entre México y Veracruz. Colección Sepsetentas, SEP. México, 1976.

Ruiz Olmedo, Sergio. Tratado práctico de los transportes en México. Ed 20+1, México, 2007.

Scheinvar, Isaac. La convención sobre el transporte multimodal internacional. AMII, México, 1978.

Schumer, LA. The elements of transport. Ed. Butterworths. London, England. 1968.

Segura Escobar, Mariano, y Torremocha, Miguel A. Qué es. Los transportes. Ed Granada. España, 1991.

Suarez, Aedil. Introducción a la ingeniería de transporte. UPIICSA, IPN. México, 1977.

Thompson, J M. Teoría económica del transporte. Ed. Alianza Universidad. Madrid, España. 1976.

Togno, Francisco M. Ferrocarriles. Ed. Rep. y Servicios de Ingeniería. México, 1975.

Tolley, Rodney, and Turton, Brian. Transport systems, policy and planning. A geographical approach. Addison Wesley Longman Ltd. England, 1995.

Valero Calvete, Javier. Transportes urbanos. Ed. Dossat. Madrid, España. 1970

Wood, Donald F, and Johnson, James C. Contemporary Transportation. Macmillan Pub. Co., New York, USA, 1989.

Mannering, Fred L, and Kilaresky, Walter P. Principles of highway engineering and traffic analysis. Wiley, USA, 1990.

Bibliografía del tercer capítulo:

Ackoff, Russell L. y Sasieni, Maurice W. Fundamentos de Investigación de Operaciones, Ed. Limusa. México, 1971.

Ackoff, Russell L. Un concepto de planeación. Ed. Limusa, México, 1976.

Bazaraa, Mokhtar S, and Jarvis, John J. Linear Programming and Network Flows. J. Wiley & Sons. N. York, USA, 1977.

Churchman, S. El enfoque de sistemas. Ed. CECSA, México, 1974.

Echenique, Marcial. Métodos y modelos matemáticos para la planeación urbana. Ed. SIAP, Buenos Aires, Argentina, 1976

Garrido, Rodrigo H. Modelación de sistemas de distribución de carga. Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 2001.

Hall, Arthur. Ingeniería de sistemas. Ed. CECSA, México, 1973.

Hillier, Frederick S. y Lieberman, Gerald. Introducción a la Investigación de operaciones. Ed. McGraw-Hill. México, 1993.

Manheim, Marvin L. Fundamentals of Transportation System Analysis. The MIT Press, Mass., USA, 1979.

Optner, Stanford L. Análisis de sistemas para empresas y solución de problemas industriales. Ed. Diana. México, 1976.

Prawda W, Juan Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones, Vol. 2. Modelos Estocásticos. Ed. Limusa, México, 1980.

Préstamo, Cepeda y Forcada. El enfoque de sistemas. IPN- UPIICSA, 1974.

Shamblin, James E. y Stevens Jr., GT Investigación de Operaciones. Un Enfoque Fundamental, Ed. Mc Graw-Hill, México, 1975.

Shannon, Robert E. System simulation, the art and the science. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 1975.

Taha, Hamdy A. Operations Research. An introduction. Maxwell Macmillan int. ed., N. York, USA, 1992.



‡ **Certificación ISO 9001:2000 según documento No 0109-2007-AQ-MEX-EMA, vigente hasta el 24 de octubre de 2009 (www.imt.mx)**

CIUDAD DE MÉXICO

Av Nuevo León 210, piso 2
Col Hipódromo Condesa
06100, México, D F
tel (55) 5265 3190
fax (55) 5265 3190 ext 4711

SANFANDILA

km 12+000, Carretera
Querétaro-Galindo
76700, Sanfandila, Qro
tel (442) 216-9777
fax (442) 216-9671

www.imt.mx
publicaciones@imt.mx