

01121
129



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**POSIBILIDADES FERROVIARIAS
EN UN AEROPUERTO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Civil

PRESENTAN:

José Alejandro Saniger Alba
Yonatan Rafael Solano González

Director de tesis: Ing. Federico Dovalí Ramos



México, D. F.

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION

DISCONTINUA

Jonathan R. Solano González

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, quien me dio la oportunidad de continuar con mi camino.

A Nuestro director de Tesis, el Ing. Federico Dovalí.

A nuestros Sinodales.

DEDICATORIA.

Esta Tesis esta dedicada de manera muy especial a mis Padres, a quienes quiero agradecer con toda mi alma su esfuerzo, apoyo y confianza a lo largo de toda mi vida, pues gracias a ellos, soy quien soy. Gracias.

A mis hermanos, a quienes admiro de sobremanera por ser personas tan especiales y únicas en este mundo. Nunca olviden que son muy importantes para mí.

A Vanesa, quien ha llenado mi vida estos últimos años y a quien quiero agradecer con todo mi ser, el compartir conmigo una parte de su vida.

A mis Amigos, a los que se encuentran conmigo en este momento y a los que se encuentran lejos de casa, quienes han dejado en mi algo de cada uno de ustedes y con quienes he compartido los mejores momentos de mi vida.

A Dios, quien siempre me ha acompañado en todo momento a lo largo de mi vida y que me da la fuerza necesaria para seguir siempre hacia adelante.

A mi Patria, a donde pertenecen todas las personas a quien más quiero, quien me ha dado la oportunidad de ser su hijo y en donde se encuentran sembradas todas mis esperanzas.

3

José Alejandro Saniger Alba

AGRADECIMIENTOS.

A mis papás y en general a toda mi familia en quienes siempre he podido confiar.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A nuestro director de tesis, el Ing. Federico Dovalí Ramos.

Y a todos los buenos profesores y buenos amigos que hicieron que el estudiar esta carrera fuera algo muy interesante y agradable.

Posibilidades Ferroviarias en un Aeropuerto

	Página
Objetivos	<i>i</i>
Introducción	<i>ii</i>
1.- El camino de acceso como un sistema del aeropuerto	1
1.1.- Problemática del Transporte Terrestre	1
1.2.- Acceso al Aeropuerto ¿para quién?	2
1.3.- Combinación de Modos de Transporte y Servicios en el Sistema de Acceso	4
1.4.- Esquemas Generales de Operación de los Sistemas de Acceso	6
1.5.- Relación Geográfica entre la Demanda Aeronáutica y el Aeropuerto	8
2.- Tipos de usuario	13
2.1.- Mercado de Acceso Terrestre a un Aeropuerto	13
2.2.- Características de los Distintos Segmentos del Mercado	17
2.3.- Comportamiento de los Mercados de los Sistemas de Transporte	21
2.4.- Beneficios al Usuario en Estaciones Multimodales de Pasajeros	40
3.- Modalidades de transporte terrestre	44
3.1.- Generalidades del Transporte Terrestre de Pasajeros	44
3.2.- Modos de Transporte Terrestre como Opciones de Acceso al Aeropuerto	57
4.- Análisis del transporte ferroviario	66
4.1.- Orígenes del Transporte Ferroviario	66
4.2.- Tipos de Sistemas Ferroviarios de Pasajeros y Servicios	68
4.3.- Capacidad de las Líneas Ferroviarias	73
4.4.- Desarrollo Histórico de los Sistemas Ferroviarios	78
4.5.- Desarrollo del Ferrocarril en México	95
4.6.- Características de los Sistemas Ferroviarios de Alta Velocidad	103
4.7.- Las Estaciones de Ferrocarril Hoy	106
5.- Multimodalismo del transporte aéreo y terrestre	110
5.1.- Marco de Referencia para la Evaluación de Estaciones Multimodales	110
5.2.- Características del Edificio de Pasajeros de un Aeropuerto	112
5.3.- Aeropuertos con Importantes Sistemas de Acceso a través de Modos de Transporte Masivo.	118
5.4.- Análisis de los Servicios	133
5.5.- Proyectos y Posibilidades en México	150
6.- Conclusiones	155

D

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar las posibilidades que tienen los distintos servicios ferroviarios como modo de acceso terrestre a los aeropuertos, enfocándose en el beneficio que pueden brindar a los usuarios.

Objetivos Particulares

- Conocer el funcionamiento y las principales problemáticas que tienen los sistemas de acceso terrestre en los aeropuertos.
- Conocer a las características de los distintos tipos de usuario del sistema de acceso de un aeropuerto y entender las repercusiones que estas características tendrán en su proceso de toma de decisiones.
- Conocer la situación general del transporte terrestre de pasajeros para luego evaluar las posibilidades y la interacción de los distintos modos de transporte dentro del sistema de acceso terrestre.
- Conocer la evolución y estado actual de los sistemas de transporte ferroviario de pasajeros, distinguiendo los distintos tipos de servicio que se ofrecen.
- Conocer y evaluar la participación que distintos tipos de servicios ferroviarios tienen dentro del sistema de acceso de varios aeropuertos del mundo; resaltando los factores más importantes que han permitido o impedido alcanzar los niveles de éxito deseados.
- Evaluar las posibilidades ferroviarias en aeropuertos de México utilizando algunos de los elementos de análisis estudiados a lo largo este trabajo.

Introducción

En 1919 se estableció el servicio aéreo a través de las rutas entre Londres y las ciudades de París, Bruselas y Ámsterdam. En este mismo año se cruzó el Océano Atlántico en 16 horas. Uno de los primeros aviones de hélice con servicio regular de pasajeros fue el Fokker F VII. Este avión introducido en 1929 contaba con un solo motor y capacidad para diez personas (8 pasajeros). En 1933 se introdujo el Fokker F XII que contaba con tres motores y capacidad para veinte personas.

Para 1956 el número de aeronaves comerciales en el mundo era de 100,000 y 4,000 aviones de carga; y en 1970 eran 160,000 y 7,000 de carga. Entre 1950 y 1970 el tráfico aéreo total a nivel mundial aumentó de 30 a 300 millones de pasajeros y de 7 a 75 millones de pasajeros en vuelos internacionales. En cuanto a los aeropuertos, en 1930 había 140 aeropuertos en Europa y 150 en los Estados Unidos. En 1954 aumentaron a 166 y 523 respectivamente, aunque existía además un mucho mayor número de campos aéreos.

En cuanto a la evolución de los aeropuertos más importantes del mundo se tienen las siguientes estadísticas¹: El primer aeropuerto de Londres se encontraba en Hounslow y fue inaugurado en 1919, pero un año después el tráfico fue llevado a Croydon. En 1946 Northolt fue utilizado como el aeropuerto principal de Londres, uniéndosele Heathrow en 1954 y Gatwick en 1958. En Heathrow el número de pasajeros aumentó de 1954 a 1970 de 2 a 14 millones y en el 2000 fueron 64 millones. El aeropuerto de Gatwick en 1970 dio servicio a 5 millones de pasajeros y a 32 millones en el 2000.

En 1970 París tenía dos grandes aeropuertos. El primero era el de Le Bourget inaugurado en 1919 y que paso de 500,000 a 4 millones de pasajeros entre 1954 y 1975. El otro aeropuerto (no tan antiguo) era el de Orly (ORY), inaugurado en 1946, el cual atendió a 1 millón de pasajeros en 1954 y a 9 millones en 1975 siendo el más importante de París en ese momento. Hoy en día es el segundo más importante de París con 25 millones de pasajeros atendidos en el 2000. El Charles de Gaulle (CDG), abierto en Roissy en 1973, en el 2000 atendió a 48 millones de pasajeros.

En 1919 Nueva York tenía un aeropuerto en Hadley Field. En 1929 se inauguró Newark, en 1939 La Guardia y en 1949 Idlewild ahora conocido como el aeropuerto Kennedy. De 1954 a 1970 el número de usuarios anuales en todos los aeropuertos de Nueva York aumentó de 9 a 40 millones, de los cuales, 20 correspondieron al aeropuerto Kennedy. Hoy en día el aeropuerto más importante

¹ La información proviene de dos fuentes.

De los 70's para atrás: Intercity Transport, RALLIS, Tom. 1977.

Del 2000: Airports Council International

de Nueva York es el de Newark (EWR), que en el 2000 atendió a 34.2 millones de pasajeros, seguido muy de cerca por el aeropuerto Kennedy (JFK) con 32.8 millones de pasajeros en ese mismo año.

Chicago tuvo su primer aeropuerto en Meigs Field, inaugurado en 1919. En 1927 es inauguró el aeropuerto de Midway, y en 1956 el Aeropuerto O'Hare. El aeropuerto de O'Hare (ORD) atendió a 38 millones de pasajeros en 1974, y fue el segundo aeropuerto con más pasajeros al año a nivel mundial en el 2000 con un total de 72 millones. Actualmente el aeropuerto con más actividad en el mundo es el Hartsfield de Atlanta, que en el año 2000 atendió a 80 millones de pasajeros.

A continuación se muestran los 10 aeropuertos con más actividad y sus estadísticas en el año 2000:

Aeropuerto	Ciudad	Pasajeros en el 2000
Hartsfield	Atlanta	80'171,036
O'Hare	Chicago	72'135,887
Los Angeles	Los Angeles	68'477,689
Heathrow	Londres	64'607,185
Dallas/Fort Worth	Dallas/Fort Worth	60'687,122
Haneda	Tokio	56'402,206
Frankfurt	Frankfurt	49'360,620
Charles de Gaulle	París	48'240,137
Schiphol	Amsterdam	39'604,589
Denver	Denver	38'748,781

Tabla I.1 Aeropuertos con Mayor Número de Pasajeros en el 2000²

En nuestro país, el más importante es el aeropuerto Benito Juárez de la Ciudad de México, que en el año 2000 atendió a 21 millones de pasajeros.

Podemos ver que la aviación comercial experimentó un desarrollo explosivo en la década de los 50's y desde entonces hasta ahora (aunque con algunos períodos de inestabilidad) ha continuado creciendo de forma muy importante. Dado este crecimiento, los sistemas aeroportuarios de todo el mundo requieren también estar en continuo crecimiento. El crecimiento de los sistemas aeroportuarios es complejo ya que los aeropuertos son el punto de enlace entre los medios de transporte terrestre y aéreo, y como tal, deben adaptarse tanto al desarrollo del transporte aéreo, como al del transporte terrestre. Además también deben atender a la evolución que continuamente se viene presentando en el tratamiento a los distintos tipos de pasajeros dentro de los sistemas de transporte en general. El objetivo de este desarrollo es el de ofrecer el mejor servicio posible a los viajeros, y en general a todos los usuarios de un aeropuerto.

² Fuente: Airports Council International

La demanda del sistema de acceso a un aeropuerto es generada por la actividad del transporte aéreo, y en general puede decirse que al crecer la actividad del transporte aéreo, aumentará la demanda del sistema de acceso. Pero como veremos más adelante, no todos los pasajeros que utilizan un aeropuerto son también usuarios de su sistema de acceso terrestre, y no todos los usuarios del sistema de acceso son pasajeros aéreos.

En cuanto a los modos de transporte utilizados para el acceso a los aeropuertos, hasta hace unos 20 ó 15 años prácticamente no se utilizaban los servicios ferroviarios (más allá de alguna conexión con el metro de la ciudad que por lo general no contaba con una importante participación en el mercado de acceso). Incluso la bibliografía, al tratar el tema de los sistemas de acceso a los aeropuertos, rara vez les prestaba atención. Sin embargo, el uso de este tipo de servicios es cada vez más común en los grandes aeropuertos.

Por un lado tenemos que los nuevos aeropuertos generalmente no encuentran espacios disponibles y apropiados a sus necesidades más que a varias decenas de kilómetros del centro de las principales ciudades del mundo. Además, los grandes problemas de tránsito en las áreas metropolitanas hacen cada vez más lenta la circulación a través de sus calles y avenidas; y las salidas de las ciudades hacia las carreteras suelen ser también muy problemáticas. Por otro lado, la tecnología ferroviaria permite viajar a velocidades cada vez mayores, ofreciendo servicios más atractivos. Así, tan solo en 1998 y 1999 se inauguraron servicios de trenes expresos conectando a los aeropuertos con los respectivos centros de sus ciudades en Hong Kong, Oslo, Londres Heathrow, Milán y Estocolmo. La última gran inauguración (diciembre 2002) es la del tren de levitación magnética en el Aeropuerto Pudong de la ciudad de Shangai, diseñado para poder operar a poco más de 400 km/h.

Pero no todo está resuelto a favor de los servicios ferroviarios. En esta tesis analizaremos desde las problemáticas generales que se presentan en los sistemas de acceso a los aeropuertos y sus distintos tipos de usuarios; hasta los distintos servicios de transporte terrestre que permiten el acceso a un aeropuerto, profundizando en los servicios ferroviarios. Si bien es cierto que estos servicios han ganado espacios importantes en el mercado de los sistemas de acceso de algunos aeropuertos, también es cierto que los sistemas ferroviarios tienen importantes limitaciones que otros modos de transporte terrestre no tienen. Es importante conocer todas estas características para poder detectar que posibilidades tienen los sistemas ferroviarios en los aeropuertos.

Capítulo 1

El Camino de Acceso como un Sistema del Aeropuerto

Se debe siempre tener en cuenta que un aeropuerto es el enlace que existe entre los medios de transporte aéreo y terrestre. Por ello, un diseño satisfactorio, debe presentar un sistema de acceso y de enlace eficiente entre ambos medios. Se deben prestar todos los servicios requeridos por los pasajeros, las líneas aéreas, y también, aquellos que en el aeropuerto puedan ser necesarios o convenientes para los distintos modos de transporte terrestre que permiten el acceso y la salida de éste.

Antes de profundizar en el sistema del camino de acceso, es conveniente presentar los sistemas básicos por los que está conformado un aeropuerto, estos son:

- Espacios aéreos
- Pistas, calles de rodaje y plataformas
- Edificio de pasajeros
- Camino de acceso
- Almacenamiento y distribución de combustibles

Cada uno de estos sistemas tiene una capacidad máxima, rebasada la cual, no se podrá dar servicio adecuadamente o en algunos casos resultará imposible operar. La capacidad del aeropuerto estará determinada por aquel sistema de menor capacidad. Si la capacidad de uno de los sistemas se ve limitada por el factor que sea, la capacidad general del aeropuerto se verá limitada de la misma forma. Al planear y diseñar un nuevo aeropuerto, o la expansión de uno ya existente, cualquier alternativa viable debe satisfacer plenamente los requerimientos de cada uno de los sistemas. Por ejemplo, es posible que la expansión de un aeropuerto resulte inviable debido a que el camino de acceso no pueda dar cabida a mayores volúmenes de tránsito; aun cuando el resto de los sistemas no presenten mayores inconvenientes para aumentar su capacidad.

1.1.- Problemática del Transporte Terrestre

En el medio terrestre, los modos de transporte que sirven como acceso al aeropuerto son básicamente el automóvil (ya sea particular, rentado, taxi, etc.), el autobús y el tren (desde el metro hasta los trenes de alta velocidad). De estos el más utilizado como modo de acceso al aeropuerto es por mucho el automóvil.

En las últimas décadas, los aviones comerciales han aumentado su velocidad, disminuyendo tiempos de vuelo, pero el transporte terrestre hacia y desde los aeropuertos enfrenta grandes problemas. Esto se debe, por un lado, a que hasta mediados del siglo XX, las ciudades eran más pequeñas, por lo cual, los

aeropuertos se encontraban más cerca del centro de las ciudades. Además, por supuesto, había mucho menos automóviles, por lo cual no existían problemas de tránsito como los que hoy se viven todos los días en las ciudades más grandes del mundo. Esto hace que el camino de acceso se vuelva hoy en día, uno de los mayores retos para los aeropuertos que dan servicio a las grandes urbes.

El usuario principal del aeropuerto es el pasajero, siendo las líneas aéreas un usuario auxiliar. Las preocupaciones principales de cualquier pasajero al viajar son: el costo, el tiempo y el nivel de servicio. Distintos tipos de pasajeros ponderarán de distinta forma cada uno de estos factores. Pero en cuanto al tiempo, lo que importa al pasajero, no es tan solo el tiempo de vuelo, sino el tiempo de viaje total, es decir “puerta a puerta”.

El tiempo de viaje está compuesto por:

- Tiempo de transporte terrestre hacia el aeropuerto de origen.
- Tiempo de documentación en el aeropuerto de origen.
- Tiempo de vuelo.
- Tiempo de documentación en el aeropuerto de destino.
- Tiempo de transporte terrestre desde el aeropuerto de destino.

En la siguiente figura se ilustra como han variado en proporción, las distintas componentes del tiempo de viaje total:

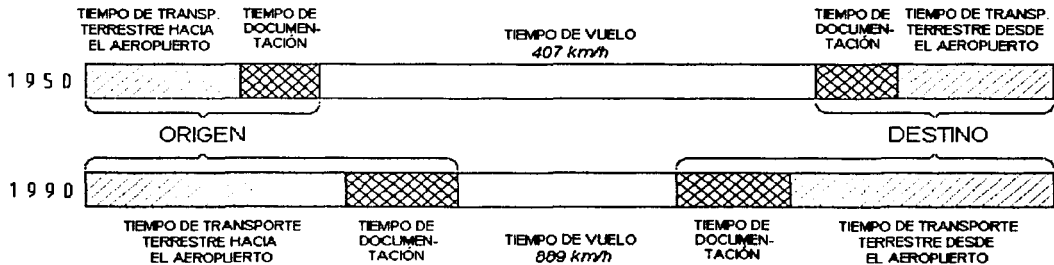


Figura 1.1 - Comparación 1950 - 1990 de las componentes del tiempo de viaje total³

1.2.- Acceso al Aeropuerto ¿Para Quién?

Otra de las ideas equivocadas que se pueden tener a la hora de pensar en el diseño del acceso a un aeropuerto, es la de pensar que éste es solo para los

³ Fuente: *Airport Engineering*. ASHFORD, Norman. WRIGHT, Paul H. 1992

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

pasajeros. Se ha visto, que en muchos aeropuertos, los pasajeros llegan a ser incluso la minoría del número total de personas que entran y salen diariamente de éste. Así, hay que pensar que los distintos modos de acceso al aeropuerto serán utilizados por esta diversidad de usuarios, que está compuesta por:

Pasajeros
Acompañantes y visitantes
Empleados (de todo tipo)
Proveedores

La proporción de los distintos usuarios que encontraremos en un aeropuerto, depende de muchos factores como: el tamaño y la función del aeropuerto, número y tipo de aviones que operan, las costumbres sociales del lugar; y por supuesto, también el buen o mal diseño de cada uno de los sistemas del aeropuerto. Dependiendo del tipo de usuario del que se trate y de las circunstancias particulares en que éste se encuentre, variará el modo de acceso más adecuado para él.

En la siguiente tabla podemos observar la proporción de usuarios que se estimaron dentro de los edificios de pasajeros de distintos aeropuertos, y aunque de 1979 a la fecha pueden haber cambiado mucho estos números resulta interesante observar las diferencias.

Aeropuerto	Pasajeros	Acompañantes	Empleados	Visitantes
Tokyo - Haneda	0.66	0.11	0.17	0.06
Paris - Orly	0.62	0.07	0.23	0.08
Frankfurt	0.60	0.06	0.29	0.05
Vienna	0.51	0.22	0.19	0.08
Melburne	0.46	0.32	0.14	0.08
Los Angeles	0.42	0.46	0.12	-
Amsterdam	0.41	0.23	0.28	0.08
Atlanta	0.39	0.26	0.09	0.26
Toronto	0.38	0.54	0.08	-
N. York - JFK	0.37	0.48	0.15	-
Cd. de México	0.35	0.52	0.13	-
Curacao	0.25	0.64	0.08	0.03
Singapur	0.23	0.61	0.16	-
Bogotá	0.21	0.42	0.36	-

Tabla 1.1 - Proporción estimada de usuarios del edificio de pasajeros⁴

⁴ *Airport Engineering ASHFORD & WRIGHT - Institute of Air Transport Survey, Julio de 1979*

Conociendo las características de los usuarios potenciales del sistema de acceso de un aeropuerto, debe buscarse la combinación de modos de acceso que de el mejor servicio posible. Además es importante prever como pueden cambiar las características y necesidades de los usuarios en el futuro. Como hemos dicho, casi todos los aeropuertos tienen demandas crecientes, por lo cual, deben diseñarse teniendo en cuenta que todos sus sistemas deben ser capaces de aumentar su capacidad. Pero además de aumentar su capacidad, los distintos sistemas de un aeropuerto pueden llegar a necesitar cambiar su forma de operar, debido a innovaciones tecnológicas, cambios en las medidas de seguridad, etc. En el caso del sistema de acceso es muy importante que las vialidades tengan la capacidad para seguir dando servicio a una demanda creciente, pero también es importante considerar que la importancia relativa de los distintos modos de acceso podrá variar con el tiempo. Si el aeropuerto no puede adaptarse a estos cambios, perderá competitividad.

1.3.- Combinación de Modos y Servicios de Transporte

Los sistemas de acceso de cualquier aeropuerto deben permitir la operación simultánea de distintos modos y servicios de transporte terrestre, lo cual implica designar y diseñar adecuadamente los espacios y las instalaciones necesarias. En la tabla 1.2 se presentan las distintas posibilidades de medios de transporte que se suelen utilizar para el acceso al aeropuerto y las instalaciones requeridas.

En muchos casos el acceso a un aeropuerto se realiza en su totalidad a través de calles y carreteras, y en muy pocos llega a ser inferior al 70% (en el capítulo 5 se presentan estadísticas sobre la participación ferroviaria en el sistema de acceso de algunos aeropuertos).

Normalmente los aeropuertos están diseñados para atender en primer lugar al acceso por medio de automóviles particulares. Sin embargo, la presencia del transporte público en un aeropuerto es muy importante, aun cuando se trate de una región con un alto índice de propiedad de automóviles particulares, muchos de los usuarios del aeropuerto requerirán de otros tipos de servicios de transporte. Para quienes no utilizan un automóvil particular en su viaje de acceso al aeropuerto, el transporte público se suele prestar por medio de taxis, autos especiales o autobuses; debido a que la infraestructura adicional que requieren en el aeropuerto es mínima. Además, los espacios que este tipo de servicios ocupan son relativamente menores a los que ocupan los estacionamientos para automóviles particulares.

		Modo de Transporte	Infraestructura Requerida	
			Dentro del Aeropuerto	Fuera del Aeropuerto
Con acceso a auto particular	A través de calles y carreteras	Automóvil Particular	Estacionamientos y aceras	Áreas de estacionamiento
		Auto Rentado	Estacionamientos, oficinas y mostradores	
Sin uso de auto particular	A través de líneas férreas	Taxi	Área de espera	Estacionamiento momentáneo
		Autos Especiales	Estacionamientos, aceras y mostradores	
		Autobús Expreso	Áreas de espera junto a la acera	Paradas o estaciones de autobús
		Autobús Urbano		
		Trenes Metropolitanos	Estación dentro o conectada al edificio de pasajeros	Estaciones de metro
	Trenes Suburbanos	Estaciones de tren		
	Trenes Regionales			
	Trenes de Largas Dist.			
	Otras vías	Helicópteros	Helipuertos	Helipuertos
		Modos Acuáticos	Muelles	Muelles

Tabla 1.2 - Esquema de las distintas posibilidades de transporte en el acceso a un aeropuerto.⁵

Pero para los grandes aeropuertos, con un gran número de pasajeros usuarios del sistema de acceso, el uso masivo de automóviles como modo de acceso exige un sistema de estacionamientos de gran capacidad. Generalmente es complicado disponer de esta capacidad en el área contigua al edificio de pasajeros, donde además deben encontrarse las vías de circulación.

Así, con el objeto de liberar espacios a lo largo de todo el sistema de acceso al aeropuerto (aumentando su capacidad y por lo tanto el nivel de servicio que puede ofrecer), en muchos de los grandes aeropuertos en todas partes del mundo se considera como un factor clave el desarrollar sistemas y contar con instalaciones para modos de transporte masivo. Hoy en día casi cualquier proyecto para un nuevo aeropuerto de pasajeros relativamente grande busca contar con un acceso ferroviario (Hong Kong, Oslo, Shanghai), y aeropuertos relativamente grandes que no contaban con él, buscan hacerlo (Zurich).

⁵ Fuente: Adaptado de *Airport Engineering*. ASHFORD, Norman. WRIGHT, Paul H. 1992.

Factores Relacionados a la Elección del Modo de Acceso

En la elección del servicio de acceso a utilizar por parte de los usuarios del sistema de acceso intervienen distintos factores, no todos ellos son atributos del servicio de transporte. A continuación se mencionan algunos factores relevantes para la selección del tipo de acceso.

- Tiempo de Viaje, Costo y Nivel de Servicio

Estos atributos de los servicios de transporte son factores primordiales para todos los usuarios del sistema de acceso de un aeropuerto. En cuanto a los costos, resulta difícil comparar el costo del uso de un automóvil particular con el costo de otros servicios de transporte. Al utilizar el automóvil particular, un factor importante es el costo del estacionamiento.

- Accesibilidad al Edificio de Pasajeros

Es importante considerar la accesibilidad del edificio de pasajeros para cada servicio de transporte; esto incluye no sólo la proximidad de las aceras, estacionamientos y estaciones de transporte público masivo; sino en general la calidad del enlace (seguridad, señalamientos, ayuda para discapacitados, etc).

- Motivo del Viaje de los Pasajeros

El motivo del viaje influye en la elección del tipo de transporte a utilizar para tener acceso al aeropuerto, debido en términos generales, a la distinta sensibilidad que los distintos tipos de usuarios tienen en relación con los atributos de los servicios de transporte. Un mismo individuo, al realizar viajes con distintos motivos, tomará decisiones con distintos criterios.

- Conexión hacia los Centros de Negocios y Zonas Turísticas

La conexión entre un aeropuerto y los principales centros de negocios, zonas turísticas, u otras áreas donde se concentren usuarios del aeropuerto; es un factor muy importante para la elección de un servicio de transporte. Dado que un alto porcentaje de los pasajeros aéreos inician o terminan sus viajes en estas áreas, se pueden presentar importantes oportunidades para ofrecer servicios de transporte masivo entre ellas y el el aeropuerto.

1.4.- Esquemas Generales de Operación de los Sistemas de Acceso

Dentro del sistema de acceso, los distintos modos de transporte terrestre pueden ofrecer una gran gama de servicios que entran en competencia, variando principalmente en cuanto a costos, tiempos de viaje, áreas de cobertura y nivel de servicio. Cada uno de los distintos tipos de servicios de acceso pueden ser operados por un solo grupo de forma exclusiva, o por varios grupos de

operadores, lo cuales pueden ser relativamente pequeños. Esto depende de los esquemas de operación que las autoridades del aeropuerto empleen para regular estos servicios.

Para los aeropuertos resulta conveniente concesionar estos servicios a operadores privados, pero es necesario mantener cierto control sobre los servicios que los operadores ofrecen. Este control puede ser básicamente a través de la regulación de tres tipos de elementos:

- Regulación sobre los vehículos (permisos, seguros, mantenimiento)
- Sobre los conductores (requisitos, capacitación, comportamiento)
- Sobre las áreas en las que pueden prestar sus servicios (tanto dentro del aeropuerto como en la zona de influencia).

Algunos de los esquemas básicos que pueden aplicarse son:

Acceso Abierto

En esta modalidad, cualquier operador de transporte reconocido por las autoridades de la localidad en donde se encuentra el aeropuerto, puede dar servicio de transporte hacia y desde el aeropuerto. De esta manera el aeropuerto se desentiende de muchas de las responsabilidades y problemas que el regular estos servicios puede generar. Sin embargo, pierde también una fuente de ingresos al no concesionar el servicio y no tiene control sobre los niveles de servicio y tarifas que se ofrecen. Este tipo de esquemas pueden funcionar relativamente bien en aeropuertos más bien pequeños, si en la localidad se cuenta con servicios de transporte de un alto nivel de servicio, pero si el nivel es bajo para los usuarios del aeropuerto este esquema no es nada conveniente. En general este esquema puede conllevar a muchos problemas, tanto operacionales como de seguridad para los usuarios. Por ejemplo, al no regular la oferta, cuando los taxis tienen poca demanda en la ciudad, llegan a acumularse muchos en el aeropuerto, ocupando mucho espacio y con prolongados tiempos de espera para poder obtener pasaje (lo cual puede hacer que los taxis busquen elevar sus tarifas para compensar el tiempo perdido, o en general que ofrezcan servicios de peor calidad). Por el contrario, cuando los taxis tienen mayor demanda en la ciudad, la oferta de taxis en el aeropuerto puede ser insuficiente. En cuanto a la seguridad de los usuarios, algunos choferes, incluso con vehículos no autorizados, pueden buscar aprovecharse de turistas u otro tipo de visitantes para robarles.

Concesiones Exclusivas

Estas concesiones generalmente se otorgan a través de un concurso, en el cual el concesionario se compromete a estar pagando cierta cantidad de dinero (en períodos que pueden ser anuales, bimestrales, etc.) a la administración del aeropuerto por los derechos de exclusividad de cierto servicio de transporte.

Estos acuerdos especifican los niveles de servicio que se deben ofrecer a los usuarios, horas y niveles de operación del servicio, un sistema de control de tarifas, etc. Se puede especificar también que el concesionario sea el encargado de aplicar y vigilar el cumplimiento de los reglamentos enfocados a mantener los niveles de servicio y seguridad adecuados. Se puede también asignar a varios concesionarios el derecho de exclusividad de su servicio dentro de áreas delimitadas, de tal forma que los distintos operadores no entren en competencia.

Concesiones a Varios Operadores

En estos esquemas, los distintos operadores o concesionarios pueden ofrecer un mismo tipo de servicio y deben competir por los pasajeros. También deben pagar por los derechos de operar en el aeropuerto y se les exige cierto nivel de servicio. A cambio los concesionarios obtienen derechos de operar en ciertos espacios del aeropuerto, algunos de los cuales ofrecen ventajas en relación a sus competidores. Este esquema asegura cierto nivel de competencia entre los prestadores de servicios de acceso terrestre en beneficio de los usuarios y elimina la dependencia que el aeropuerto tiene en los esquemas de concesiones exclusivas al contar únicamente con un operador.

1.5.- Relación Geográfica entre la Demanda Aeronáutica y el Aeropuerto

En la selección de un sitio para un nuevo aeropuerto existe una enorme cantidad de elementos a tomar en cuenta, comenzando por la disponibilidad de espacio suficiente, las condiciones topográficas, condiciones meteorológicas, tipos de suelo, etc. Pero también resulta de gran importancia encontrar aquél sitio que ofrezca el acceso terrestre en el menor tiempo posible para la mayoría de los usuarios potenciales. En ocasiones se suele clasificar a la zona de influencia terrestre de un aeropuerto en función del tiempo de acceso que desde ella se tenga. Por ejemplo, se puede definir una "Zona 1" como el área desde la cual el tiempo de acceso al aeropuerto es menor a 40 minutos; y luego una "Zona 2", y tal vez una "Zona 3", etc. En general, mientras más vuelos de largas distancias se presenten en un aeropuerto, más grande será su zona de influencia terrestre.

Aunque actualmente se habla mucho acerca de la ubicación de los grandes aeropuertos regionales a distancias considerables de los centros urbanos, en Estados Unidos, por ejemplo, cerca de la mitad de los pasajeros aéreos no recorren distancias de vuelo de más de 900 km, es decir, una hora y cuarto o menos. Es en este tipo de recorridos en los que el tiempo de acceso al aeropuerto resulta de mayor importancia, ya que tiene un mayor peso dentro del tiempo de viaje total. El incrementar los tiempos de viaje terrestre entre un aeropuerto y el núcleo en donde se concentra la demanda aeronáutica suele dar como resultado una contracción de la demanda, la cual puede ser bastante fuerte en el caso de los vuelos cortos.

1.5.1.- Trazo del Camino de Acceso

Al tener que desarrollarse el sistema de acceso de un aeropuerto pueden presentarse dos casos. El primero es el caso en el que los sistemas de vialidad interna del aeropuerto se comuniquen directamente con vialidades previamente existentes, ya sea vialidades urbanas, regionales, nacionales, etc. El segundo caso es aquel en el que además de las vialidades internas del aeropuerto, se necesite desarrollar vialidades externas de enlace. Para este último caso surge el problema del trazo de este camino.

El principal objetivo de la ubicación del camino de acceso, debe ser el de proporcionar la mejor ruta de acceso tomando en cuenta los siguientes factores básicos:

- Costo de Construcción
- Costo de Mantenimiento
- Costo de Operación de Vehículos.
- Tiempo de recorrido

Estas condiciones están íntimamente relacionadas y constituyen el objeto básico en la localización de los caminos de acceso. En cuanto al costo de construcción, la obtención de derechos de paso puede ser un elemento muy significativo y muy restrictivo en cuanto a las posibilidades de trazo.

La localización ideal de un camino de acceso será aquella que permita el flujo del tránsito de una manera ágil y segura entre las redes de transporte existentes y el aeropuerto, todo esto al mismo tiempo que se minimizan los costos. La seguridad en el camino se incrementa al considerar en los diseños factores como lo son: distancia de visibilidad, radios de curvatura, señalización, etc. En general el incremento de la seguridad en un camino incrementa los costos de construcción pero disminuye los costos de operación y de mantenimiento, ofreciendo un mayor nivel de servicio. También es importante tomar en cuenta el costo de operación de vehículos con el objeto de evitar un consumo mayor de combustible y una pérdida de tiempo.

La localización de un camino de acceso representa un problema especial que va a depender de una gran cantidad de factores, como pueden ser el tipo de aeropuerto y el tipo de localidad a los cuales va a dar servicio. Algunos de los factores que deben de ser tomados en cuenta para la ubicación del camino de acceso son los siguientes:

1. La reducción en las pendientes y de curvas del camino siempre que sea posible, considerando balances de excavaciones y terraplén.
2. Proyectar con base en la seguridad, comodidad, ahorro de tiempo y gastos de operación de vehículos

3. Evitar en la medida de lo posible cruces a nivel con otras vías de comunicación (vías férreas, caminos secundarios, etc.).
4. Diseño con flexibilidad de remodelación a lo largo de su vida útil para adaptarse a los niveles de demanda futura sin requerir de inversiones demasiado elevadas.
5. Considerar estudios de impacto ambiental.

1.5.2.- Planeación para las Rutas de Acceso

Para que el camino de acceso a un aeropuerto reúna las mejores condiciones de funcionamiento, es necesaria la realización de diversos estudios en donde se observe a todos aquellos factores que intervengan de manera directa o indirecta en la realización del proyecto. Para la correcta realización de un estudio general que busque un funcionamiento ideal en el camino de acceso, es necesario tomar en cuenta consideraciones como las siguientes.

- La solución más efectiva de un camino de acceso solo puede determinarse por medio de un análisis donde se especifiquen los objetivos y metas a seguir. La mejor solución será aquella de la cual se obtengan los mayores beneficios para el aeropuerto y sus distintos tipos de usuarios
- Debido a que la planeación de un camino de acceso a un aeropuerto se debe hacer tomando en cuenta la demanda para distintos horizontes en el tiempo, se debe pensar en programar el desarrollo de nueva infraestructura que satisfaga las condiciones que se lleguen a presentar en el futuro.
- Se debe buscar la mejor distribución de inversiones publicas y privadas; repartiendo costos, beneficios y riesgos en función de las posibilidades e intereses de cada parte. De esta forma se atraerán los recursos económicos para sustentar el mejor desarrollo posible del proyecto.

La planeación debe contemplar escenarios futuros a distintos plazos con el objeto de tener acciones contempladas para responder a las distintas necesidades que se presenten. Pese a que el horizonte de planeación para el cual se pueden estimar estadísticas relevantes con cierta certidumbre es tan solo de unos 10 a 15 años, generalmente resulta necesario planear con horizontes de hasta 30 años o más.

El tener que enfrentar de manera urgente problemas que no se han contemplado suele provocar que las pocas soluciones al alcance sean muy costosas y poco satisfactorias. La planeación para el futuro permite un desarrollo continuo del camino de acceso (en general de cualquier sistema), minimizando la

posibilidad de encontrarse ante situaciones que demanden inversiones fuertes e intempestivas para realizar obras complicadas y poco prácticas. Sin embargo el proceso de planeación nunca tiene fin y debe irse actualizando de acuerdo a como se presenten nuevas amenazas y oportunidades, respetando la visión que ha dirigido desde un principio al desarrollo del aeropuerto.

Etapas de la planeación del Sistema de Acceso

Se pueden considerar las siguientes etapas de planeación para el camino de acceso de un aeropuerto desde su origen:

- a) Evaluación de la infraestructura y los sistemas de transporte existentes en la región y su posible interacción con el aeropuerto.
- b) Elaboración de un estudio de las necesidades presentes y futuras para el desarrollo del sistema de acceso a la par del desarrollo del aeropuerto.
- c) Considerar proyectos de ampliación y mejoramiento en el orden probable en que convendrá programarlos.
- d) Selección de los métodos de construcción o formas de licitación más convenientes.
- e) Estimar el costo y las condiciones para un financiamiento adecuado de su operación y mantenimiento.

Estimación del Tránsito Terrestre

El punto de partida para poder estimar el tránsito terrestre que se generará, es la previsión del tránsito aéreo futuro. También resulta necesario tener una previsión de la distribución de la demanda durante el día en cuanto a salidas y llegadas de pasajeros, principalmente para conocer las características de las horas pico del día. El siguiente paso es el de estimar la división de los pasajeros en cuanto a los diferentes modos y servicios de transporte terrestre disponibles.

Este modelo debe estimarse con suficiente precisión, por ejemplo es necesario determinar el grado de ocupación de los automóviles particulares y taxis. En el caso de los automóviles particulares también habrá que saber cuantos utilizarán estacionamientos y cuantos simplemente se detendrán en la acera. Otra cuestión de gran importancia es estimar el tiempo que los vehículos permanecerán en las instalaciones del aeropuerto; ¿cuánto tiempo permanecerán los automóviles en los estacionamientos?, ¿cuánto tiempo tendrán que esperar los taxis para conseguir pasaje? Una vez hecho esto para todos los modos de transporte terrestre disponibles considerando a todos los usuarios del aeropuerto, puede determinarse la cantidad de espacio requerida para estos vehículos y debe buscarse el mejor lugar y la mejor forma para ubicarlos.

Un método de aproximación que puede ser utilizado para estimar cuantitativamente la evolución del tránsito terrestre en el aeropuerto es el de

correlacionar la cantidad de pasajeros por hora con la correspondiente actividad en tierra mediante un análisis de regresión múltiple. Los modelos de regresión incluyen la hipótesis inherente de que la relación del flujo de tráfico *tierra - aire* se mantendrá más o menos constante en el futuro. Esto puede no ser cierto si varía la proporción de pasajeros en tránsito en el aeropuerto.

Estudiando la capacidad de carreteras y vías de acceso en general, podrá definirse las características que éstas requerirán. Un aeropuerto debe tener su propio sistema de vialidad interna conectado al sistema de vialidad público ya sea municipal, estatal o federal. Es esencial el que el flujo de vehículos en el área del edificio de pasajeros esté bien planificado, ya que si no se presentarán problemas de congestión y demoras. Las señalizaciones deben ser claras y suficientes ya que son fundamentales para dar un buen servicio a los distintos tipos de usuario, tanto en el sistema de acceso, como dentro del edificio de pasajeros. Al ponerse en operación un nuevo aeropuerto es de esperarse (especialmente si es grande) que tenga un importante impacto en las vialidades que se encuentran en su entorno inmediato. Normalmente será necesario hacer adecuaciones o incluso ampliaciones en las vialidades externas para mitigar el impacto que el tránsito de vehículos, con origen o destino en el aeropuerto, ocasionará en ellas.

Para conocer la distribución de espacios que se requerirá del lado terrestre, no solo será necesario estimar al tráfico terrestre sino a la participación que cada tipo de servicio de acceso tenga. Por esta razón la aproximación mediante una regresión resulta satisfactoria en principio, pero hay que intentar conseguir un mayor conocimiento de los diferentes factores que generan el tráfico por tierra para llegar a un mejor conocimiento de las necesidades futuras en cuanto al tema se refiere.

En cuanto al movimiento generado por los empleados del aeropuerto, se ha dicho ya que este puede superar al generado por los pasajeros durante ciertas horas del día. Esto hace necesario el considerar el acceso de los empleados por separado, ya que normalmente presentan patrones diferentes en sus viajes, lo cual necesariamente influye sobre las condiciones de acceso. Normalmente los empleados con automóvil pueden dejarlo en estacionamientos relativamente alejados del edificio de pasajeros, se suelen prestar servicios de enlace entre los estacionamientos y el edificio. Los empleados que no cuenten con un automóvil particular, normalmente tendrán que tener acceso al aeropuerto a través de los sistemas de transporte público urbano de la localidad, para lo cual habrá que asignar espacios adecuados. Dos elementos a tomar en cuenta son el que normalmente las horas pico de acceso de empleados no coinciden con las horas pico de entrada de pasajeros; y que estadísticamente se ha visto que no existe una relación estrecha entre el número de empleados de un aeropuerto y el total anual de pasajeros aéreos que éste maneja.

Capítulo 2

Tipos de Usuario

Como se ha visto, los accesos a los aeropuertos no sólo son necesarios para los pasajeros de las líneas aéreas, el aeropuerto debe diseñarse pensando en todos los tipos de usuario que tendrá, los cuales pueden agruparse en:

- Pasajeros
- Visitantes (acompañantes o no)
- Empleados
- Proveedores

Dentro de los pasajeros tenemos el grupo de los pasajeros en tránsito y a los pasajeros de origen destino. Los pasajeros en tránsito son aquellos que realizan una escala en el aeropuerto, pero este aeropuerto no es ni el origen ni el destino de su viaje aéreo. Es por esto que entran y salen del aeropuerto a través de modos de transporte aéreos y por ende, no son usuarios del sistema de acceso terrestre, al menos no directamente. Los pasajeros de origen destino son aquellos cuyo viaje tiene su origen o destino en la comunidad del aeropuerto en cuestión, y por lo tanto son usuarios del sistema de acceso terrestre. Existen además muchas formas de clasificar a los distintos tipos de pasajeros, más adelante en este capítulo se mencionarán algunas. En cuanto a los visitantes estos son todos aquellos usuarios del aeropuerto, que no están ahí ni para tomar un avión ni por razones de trabajo. Muchos de ellos suelen ser acompañantes de pasajeros, pero existen otros casos.

Pero más allá de los pasajeros y visitantes, existen otros dos grupos de usuarios del sistema de acceso de un aeropuerto que son muy importantes, los empleados y los proveedores. En los grandes aeropuertos, los empleados que diariamente tienen que entrar y salir del aeropuerto en distintos turnos pueden ser varios miles (ver tabla 2.1). Además se tiene a los proveedores, que evidentemente, mientras más grande sea el aeropuerto, más serán. En casi todos los casos los proveedores utilizarán camiones para transportar muy distintos tipos de mercancías. En general resultará conveniente programar las operaciones de los proveedores durante las horas de menor demanda del sistema de acceso. De cualquier forma, esto no siempre podrá ser así ya que el sistema de acceso no es el único factor a considerar.

2.1.- Mercado de Acceso Terrestre a un Aeropuerto

Este es un mercado creado por el transporte aéreo, y por lo tanto, el crecimiento del mercado del transporte aéreo genera un crecimiento más o menos proporcional en el mercado del sistema de acceso terrestre al aeropuerto. Para

estudiar las características de cualquier tipo de mercado es conveniente desagregarlo, es decir dividirlo, primero en sus distintos segmentos para estudiar las características que cada uno de ellos posee. De esta forma podremos conocer la participación que cada uno de ellos tiene dentro del mercado de acceso terrestre al aeropuerto.

Pasajeros Aéreos

Dos de las variables que más útiles son para clasificar a los pasajeros en un aeropuerto dado, son su motivo de viaje (de negocios u otro), y su lugar de residencia (es decir, si viven en el área a la que da servicio dicho aeropuerto o no). Así, cualquier pasajero en un aeropuerto puede ser clasificado dentro de una de las cuatro combinaciones posibles que tenemos.

	Residente	No Residente
De Negocios		
No de Negocios		

- De negocios / residente.
- De negocios / no residente
- No de negocios / residente
- No de negocios / no residente

Empleados del Aeropuerto

Generalmente este es el segundo grupo en importancia dentro de los usuarios del sistema de acceso terrestre al aeropuerto. Los empleados que diariamente se encuentran en un aeropuerto son de muy diversos tipos; generalmente se tienen empleados de las líneas aéreas, empleados de la administración del aeropuerto, empleados de oficinas gubernamentales, y empleados de concesiones dentro del aeropuerto (ya sea industriales o comerciales).

Los pasajeros en tránsito no utilizan el sistema de acceso terrestre del aeropuerto en cuestión, pero si requieren de muchos servicios por parte de los distintos tipos de empleados del aeropuerto. Por ello, en los aeropuertos donde encontramos una gran cantidad de pasajeros en tránsito, puede llegar a haber casi tantos o incluso más empleados que pasajeros utilizando diariamente el sistema de acceso terrestre del aeropuerto. En la tabla 2.1 se muestra el caso de seis aeropuertos de Estados Unidos con estadísticas de los pasajeros en vuelos domésticos en 1998.

Aeropuerto	Pasajeros en Vuelos de Salidas al Año	Pasajeros Origen al Año	% de Pasajeros Origen	Acceso Diario Promedio de Pasajeros	Estimación Diaria de Empleados
Los Angeles	30'827,000	18'314,000	59.4	50,175	40,000
O'Hare (Chicago)	35' 842,000	16'127,000	45.0	44,180	40,000
Dallas Fort Worth	30'122,000	11'280,000	37.4	30,900	48,000
Denver	18'445,000	8'957,000	48.6	24,540	17,400
St. Louis Lambert	14'335,000	5'443,000	38.0	14,900	19,000
Sacramento	3'594,000	3'521,000	98.0	9,650	2,300

Tabla 2.1 - Comparación entre el acceso de pasajeros y empleados.⁶

Los empleados que diariamente van a trabajar al aeropuerto deben hacer viajes tanto de llegada como de salida, por lo cual, cada empleado de este tipo genera dos viajes-persona al día; mientras que cada uno de los pasajeros aéreos solo generan un viaje-persona. Por ello, si lo que nos interesa es el número de viajes-persona generados por cada grupo, no sería adecuado comparar directamente al número total de empleados contra el número total de pasajeros aéreos. Para hacer una comparación más adecuada, en la tabla 2.1 solo se toma en cuenta a los pasajeros de salidas; se puede ver que en algunos casos los empleados de un aeropuerto pueden llegar a generar más viajes que el conjunto de los pasajeros en vuelos domésticos.

El "acceso diario promedio de pasajeros" está calculado dividiendo el número de "Pasajeros de Origen de salidas al año" (aquellos que utilizan el sistema de acceso terrestre) entre los 365 días del año. Sin embargo, el acceso tendrá que diseñarse pensando en poder dar el nivel de servicio adoptado en los días y horas pico de la demanda anual. El que tan superior al promedio llega a ser la demanda en los días y horas pico del año varía mucho en cada aeropuerto ya que cada uno tiene sus propias características de demanda. En general los aeropuertos con función principalmente turística son los que mayores picos llegan a presentar, mientras que aquellos que atienden a zonas de negocios tienen una demanda más uniformemente repartida a lo largo del año.

Prioridades y Servicios Requeridos por los Pasajeros Aéreos

Aunque existen importantes exigencias comunes a los distintos tipos de pasajeros aéreos, cada uno de ellos tiene distintas prioridades y exigencias. Por ejemplo, para la mayor parte de los pasajeros, perder un vuelo tiene consecuencias graves, pero en cuanto al costo de servicios adicionales como el acceso terrestre, algunos pasajeros son más sensibles que otros. Generalmente, los pasajeros de negocios se preocuparán menos por los costos económicos y

⁶ Fuente : Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000

más por el tiempo. Los turistas tienden a buscar ofertas para viajar, y en cuanto a su viaje de acceso al aeropuerto, como en sus gastos de viaje en general, pueden estar buscando alternativas económicas. La seguridad en los tiempos de viaje, la frecuencia con la que los servicios de transporte se ofrecen y la confianza de que estos se presentarán en el momento indicado, son características importantes para cualquier servicio de acceso al aeropuerto. De cualquier forma, los usuarios siempre estarán dispuestos a tolerar un cierto nivel de incertidumbre en cuanto a la variación del tiempo de viaje, siempre y cuando, ésta pueda ser conocida y esté dentro de ciertos límites razonables. De esto último, la prueba es que el automóvil sigue siendo en casi todos los aeropuertos (incluso en los casos de las grandes ciudades) el modo de acceso terrestre más utilizado, aunque en algunos casos va en descenso.

Prioridades y Servicios Requeridos por los Empleados del Aeropuerto

Para los empleados que deben presentarse a una hora determinada a su trabajo, la confiabilidad en los tiempos de recorrido es también un factor importante. También se debe considerar que los aeropuertos suelen operar las 24 horas, y aunque durante la noche suele haber mucho menos empleados que a las horas pico, éstos también tienen que poder llegar y salir del aeropuerto de alguna forma. Si los sistemas de transporte público convencionales no dan servicio a las horas que ellos lo requerirían, entonces tendrán que hacerlo a través de algún otro modo de transporte.

El costo de los servicios de transporte también es un factor decisivo para los empleados, ya que tendrán que realizar el viaje varias veces a la semana, de ida y vuelta. Una posibilidad para el aeropuerto es ofrecer un servicio a un precio especial para los empleados. Para ellos también será importante que el servicio se ofrezca con una frecuencia adecuada, aunque los niveles de servicio podrían no ser tan altos como para los pasajeros aéreos.

Distribución Geográfica de los Viajes de Acceso Terrestre

Conocer la distribución geográfica de los orígenes y destinos de los viajes terrestres para todos los distintos tipos de usuarios del sistema de acceso del aeropuerto es necesario para un buen proceso de planeación de este sistema; especialmente si se desea que el transporte público juegue un papel importante para pasajeros, visitantes y empleados. En general, para simplificar, se hablará solamente de el origen de los viajes terrestres, aunque por supuesto se trata de origen en los viajes hacia el aeropuerto, y de destinos en los viajes terrestres desde el aeropuerto.

Un aspecto importante a considerar de estos orígenes, es saber si se trata del lugar de residencia del pasajero o no. Si se trata de un pasajero residente en la zona de influencia del aeropuerto, es muy probable que el pasajero tenga la

opción de utilizar un automóvil particular como modo de acceso; mientras que si no es residente en esta zona, esto será en general menos probable. Al analizar en un mapa los puntos de origen y destino de los viajes terrestres, generalmente se notará que los pasajeros no residentes en el área, se encuentran mucho más concentrados en zonas hoteleras, comerciales o turísticas; mientras que los pasajeros residentes en el área suelen tener sus orígenes en puntos mucho más dispersos.

Para llegar o salir del aeropuerto, los pasajeros no residentes en la zona serán fuertes candidatos a utilizar servicios de transporte especiales para el aeropuerto. Muchos de estos servicios especiales se prestan a través de vehículos con un bajo nivel de ocupación, como un taxi o una camioneta. En el caso de los pasajeros residentes en la zona, podrán analizarse desagregándolos de acuerdo a distintos criterios, como por ejemplo, sus tiempos de acceso al aeropuerto.

En cualquier caso, si lo que se busca es aumentar la participación del transporte masivo en el sistema de acceso de un aeropuerto, el objetivo de analizar la distribución de los viajes terrestres es detectar oportunidades que puedan resultar atractivas para los usuarios.

2.2.- Características de los Diferentes Segmentos del Mercado

Al estudiar un mercado, es muy recomendable dividirlo en segmentos, para así poder realizar un análisis más detallado de su comportamiento general. Cada segmento debe compartir cierto grupo de características que ayuden a definir su comportamiento y lo diferencien del resto. Un mercado puede subdividirse de acuerdo a distintos criterios, debe elegirse la división que mejor permita entender el comportamiento de su totalidad, aunque el criterio más adecuado puede variar según las características del mercado que interese estudiar.

En los aeropuertos generalmente se cuenta con una variedad de servicios para para atender a la demanda del acceso terrestre, para cada uno de ellos es importante detectar cual o cuales van a ser los segmentos que se busca hagan uso de éste. Cada segmento tendrá sus exigencias, patrones de demanda y características generales que es importante conocer. Para esto conviene dividir al mercado de acceso terrestre de la siguiente manera:

Pasajeros Aéreos:

- De negocios / residente
- De negocios / no residente
- No de negocios / residente
- No de negocios / no residente

Empleados del Aeropuerto:

Tripulación de las aerolíneas.

Otros empleados de las aerolíneas

Empleado de oficinas

Empleados de concesiones

Visitantes del Aeropuerto:

Acompañantes.

No acompañantes.

También podría dividirse a este mercado de acuerdo a otros criterios, como grupos de edades y profesiones, la localización geográfica que tenga el origen o destino de los usuarios dentro de la zona de influencia del aeropuerto, etc.

2.2.1.- Pasajeros Aéreos

De negocios / residente

Este tipo de usuarios suelen usar al aeropuerto en cuestión con mucha frecuencia, y por lo tanto es de esperarse que tengan bien identificada la mejor forma de acceso al aeropuerto para ellos. Generalmente sus viajes no son de muy larga duración y su equipaje es escaso, probablemente, tan solo un portafolio y/o equipaje de mano. Esto último les facilita utilizar algunos modos del transporte público, pero éste debe tener algunas características importantes. Muchos de ellos viajan bajo el esquema 'justo-a-tiempo' (just-in-time), que no tolera ningún retraso significativo, por lo cual, los sistemas de transporte público que esperen atraer a este segmento del mercado deben operar con mucha precisión, tanto en la confiabilidad de los horarios a los que se da el servicio, como en los tiempos de recorrido, además de que se debe tener un nivel de servicio que ellos consideren adecuado para si mismos. Si utilizan el automóvil, suelen buscar estacionamientos cercanos al edificio de pasajeros, que tengan un buen acceso a éste, pudiendo pagar bastante por ello. Es común que su viaje lo realicen durante las horas pico del día.

De negocios / no residente

Este tipo de pasajeros, al llegar suelen tener como destino algún lugar de negocios, o algún hotel. En cualquier caso, éste suele encontrarse en las zonas centrales de la ciudad o en desarrollos cercanos al aeropuerto. Dependiendo de la naturaleza del viaje, pueden requerir la flexibilidad de un taxi o de un automóvil rentado. Pueden llegar a utilizar el transporte público cuando éste los lleva directamente a la zona a la que requieren llegar, sin necesidad de transbordos o largas esperas.

No de negocios / residente

Este tipo de pasajeros aéreos, casi de forma segura se podría decir que parten de su casa en su viaje rumbo al aeropuerto, llevan considerablemente más equipaje y suelen viajar por más tiempo que los pasajeros de negocios, además, comúnmente viajan en grupos. Aunque no utilizan el aeropuerto tan frecuentemente como los pasajeros de negocios, suelen conocer bien la forma de llegar a él, dado que es el aeropuerto de su localidad. Al viajar en grupos, utilizar modos de transporte que cobran tarifas individuales puede resultarles más caro. Es más probable que viajen fuera de los picos, tanto en los patrones de demanda diarios, como en los semanales, atraídos por ofertas de las aerolíneas diseñadas de esta forma; aunque no suele ser así en los patrones de demanda anuales.

- No de negocios / no residente

Este tipo de usuarios son generalmente los menos informados y por lo tanto los que menos familiarizados están con las distintas opciones existentes de acceso al aeropuerto. Aún cuando estos pasajeros viajen con cierta frecuencia, difícilmente serán usuarios frecuentes del aeropuerto en cuestión. Dado que normalmente no conocerán las distintas opciones de acceso, su tendencia será la de utilizar los modos que menos falta hace conocer, como los taxis o camionetas compartidas que den servicio puerta a puerta. También, cuando se queden en casa de familiares o amigos, es probable que sean recogidos y llevados al aeropuerto por ellos. Cuando van a visitar amigos o familiares, puede darse el caso de que utilicen modos de transporte público masivo si las personas a las que visitan se los recomiendan y les explican como completar su trayecto.

2.2.2.- Empleados del Aeropuerto

Triplulación de las Aerolíneas

Este grupo incluye a los pilotos y sobrecargos, que tienen a una ciudad o a un aeropuerto en particular como base, y viajan al aeropuerto para comenzar su ciclo de trabajo. Su ciclo de trabajo puede durar varios días, así que no utilizan el sistema de acceso al aeropuerto diariamente. En algunos casos estas personas dejan estacionado su automóvil particular en el aeropuerto a lo largo de todo su ciclo de trabajo, de tal forma que lo tienen ahí cuando regresan. Aunque pueden ser un porcentaje importante de los empleados de un aeropuerto, no son los usuarios más participativos del sistema de acceso.

Otros empleados de Aerolíneas y Oficinas.

Los empleados en este grupo tendrán una mayor regularidad en cuanto a sus viajes al aeropuerto, aunque sus horarios pueden no ser fijos. Aunque los

niveles de ingresos son variables, muchos empleados de este tipo podrán contar con un automóvil particular. Para estos empleados, en muchos aeropuertos se presta un servicio de estacionamiento gratuito, o a precios especiales, en áreas que pueden estar un poco o considerablemente retiradas del edificio de pasajeros, conectándose en ocasiones a través de un servicio interno de autobús. Este servicio de autobús generalmente no tendrá el mismo nivel de servicio que aquel que se prestaría para los pasajeros aéreos.

Empleados de Concesiones

Este grupo está constituido por empleados con ingresos que también son variables, pero en general más bajos que el grupo anterior. Trabajos como el de la limpieza, no suelen ser muy remunerados, pero es muy importante que se realicen incluso durante la madrugada, cuando los sistemas comunes de transporte público no operan. Al no estar operando el transporte público masivo de la ciudad y el que estos trabajadores no puedan contar con automóviles particulares; resulta necesario darles precios especiales o cubrir en su totalidad los costos de otros modos de transporte, ya que de otra forma no podrían considerarlo como una opción para su transporte diario. Estos modos podrían ser taxis, o algún servicio de transporte especial para el aeropuerto.

2.2.3.- Visitantes del Aeropuerto

En aeropuertos cuyos sistemas de acceso terrestre y edificio de pasajeros están congestionados, por lo general no se suele desear la presencia de muchos visitantes. Sin embargo estos representan, al menos potencialmente, una muy importante fuente de ingresos para el aeropuerto y por lo tanto es muy recomendable diseñar a los aeropuertos y a sus expansiones con el propósito de atraerlos. El objetivo es aumentar la derrama económica que se genera dentro del aeropuerto, sin embargo es importante que esto no afecte negativamente al aspecto funcional del aeropuerto, cuyo usuario principal es el pasajero aéreo.

Acompañantes

La cantidad de acompañantes que los pasajeros aéreos puedan tener es extremadamente variable en cada aeropuerto. En ocasiones es común que a los pasajeros de negocios no residentes en la zona, se les asigne por parte de la empresa o institución que los recibe, a una persona que vaya a recogerlos y a después a llevarlos. Los pasajeros de salidas pueden ser dejados en la acera sin que sea necesario utilizar estacionamientos y sin que los acompañantes entren al edificio de pasajeros; pero no sucede lo mismo al recibir a los pasajeros de llegadas. En cuanto a viajes no de negocios, en algunos lugares, llevar a los familiares o amigos al aeropuerto es una fuerte costumbre, y si el viaje es largo, pueden ser muchas personas las que acompañan a un solo pasajero. Pero esto

varía mucho dependiendo de las costumbres sociales de cada lugar, de lo fácil o difícil que sea llegar al aeropuerto, etc.

Visitantes no Acompañantes.

Su presencia es del interés de inversionistas privados que bajo ciertos esquemas podrían asumir parte de los costos que implica construir o ampliar un aeropuerto; y/o simplemente aumentar los ingresos de la administración aeroportuaria para financiar su operación. Además de incrementarlas, diversificar las fuentes de ingreso siempre será provechoso para la administración de un aeropuerto; como lo es en general para cualquier tipo de administración.

2.3.- Comportamiento de los Mercados de los Sistemas de Transporte.

En nuestra sociedad los servicios de transporte están sujetos a la ley de la oferta y la demanda como la mayoría de los bienes y servicios, y por ello se estudian bajo el enfoque de estas "leyes", modelando funciones de demanda. Pero antes de estudiar brevemente el comportamiento de los mercados, se analizará el comportamiento de los usuarios de los sistemas de transporte a nivel individual. Existen tres áreas que deben atenderse al estudiar el comportamiento de los usuarios de los sistemas de transporte, la primera corresponde a identificar las distintas opciones con las que el usuario cuenta para realizar su viaje, la segunda corresponde a identificar los atributos de los sistemas de transporte que valora el usuario (tiempo, costo, comodidad, seguridad,...) y la importancia relativa que éstos tienen para él, y por último, estudiar como lleva a cabo el usuario su proceso de toma de decisión.

En esta área se han desarrollado ya desde hace tiempo muchos modelos matemáticos para representar el comportamiento tanto de los mercados como de los usuarios a nivel individual. En esta tesis no se analizarán a detalle, el objetivo es conocer los conceptos teóricos que permitirán analizar la información que más adelante se mostrará y así fundamentar las conclusiones.

2.3.1.- Toma de Decisión de los Usuarios de los Sistemas de Transporte.

Es necesario considerar que muchos usuarios tienen distintas opciones para satisfacer sus necesidades de transporte. Estas no solo se limitan a las distintas opciones en cuanto a los modos de transportes a su alcance y sus posibles combinaciones; puede también buscar el cambiar sus necesidades de transporte. Por ejemplo, si una persona considera que su viaje diario al trabajo es demasiado largo, tiene la posibilidad de mudarse una zona más cercana a su trabajo, o la de cambiar de trabajo a uno más cercano a su casa; de tal forma que su tiempo de viaje no sea mayor al máximo que está dispuesto a tolerar. Las personas también pueden buscar ampliar sus posibilidades de transporte; por ejemplo, buscarán adquirir un automóvil si el viajar en transporte público le presenta muchos

inconvenientes. Un sistema de transporte público de mala calidad provoca que aumente el índice de propiedad de automóviles en una ciudad.

Para poder estudiar el comportamiento individual de los usuarios de los sistemas de transporte es necesario definir ciertos conceptos. Estos conceptos pueden aplicarse tanto a la necesidad de transporte diario a nivel metropolitano, como al transporte interurbano de negocios o de placer.

Utilidad del Destino.

El beneficio que obtiene un pasajero por alcanzar un destino dado es llamado "utilidad del destino". Por ello, la utilidad del destino está relacionada con la máxima cantidad de tiempo y de dinero que un usuario estará dispuesto a invertir en el viaje; mientras mayor sea la utilidad del destino, mayor cantidad de recursos estará dispuesta a invertir una persona en llevar a cabo ese viaje. La utilidad de un destino es independiente de los servicios de transporte que existan. Cada destino presentará una distinta utilidad para cada individuo, y a su vez, para un individuo dado, la utilidad del destino variará dependiendo del motivo del viaje, la época del año, necesidades que eventualmente puedan surgir, etc.

Contrautilidad del Viaje y Beneficios al Usuario.

El realizar un viaje implica siempre ciertos inconvenientes para los usuarios: costos, tiempo, trámites, incomodidad dentro de los vehículos, riesgos, etc. Estos inconvenientes son elementos no deseados de un viaje. Cada opción de transporte tiene atributos referidos a estos inconvenientes: costo, tiempo de viaje, comodidad, seguridad, etc. Al elegir una opción de transporte los usuarios buscarán la opción de transporte que a través de sus atributos reduzca estos inconvenientes al mínimo de acuerdo a las necesidades y posibilidades de cada uno. Llamaremos "contrautilidad del viaje" a la suma de inconvenientes que se presentan al realizar un viaje a través de cierto servicio de transporte. Por ello, y a diferencia de la utilidad del destino, la contrautilidad de un viaje no es independiente de los servicios de transporte, está estrechamente relacionada con ellos. Al variar las características de los servicios de transporte, varía la contrautilidad que la realización del viaje representa para los usuarios.

Ahora, el beneficio que obtiene un consumidor cualquiera al adquirir un bien o servicio puede considerarse como la diferencia entre lo máximo que el consumidor estaría dispuesto a pagar por él (en el caso del transporte, utilidad del destino) y el costo que tiene que pagar por él (en el caso del transporte, contrautilidad del viaje). Así, en el caso del transporte, el beneficio que obtiene el pasajero está dado por la diferencia entre la utilidad del destino al que viaja el usuario y los inconvenientes que el realizar el viaje a ese destino implica. Así podemos decir que para cualquier usuario:

$$\text{Beneficio} = \text{Utilidad del Destino} - \text{Contrautilidad del Viaje}$$

Como hemos dicho, los atributos que presentan las distintas opciones de transporte pueden reducir la contrautilidad de un viaje. Sin embargo, el que tanto reduce un atributo la contrautilidad de un viaje depende de la perspectiva del tipo de usuario del que se trate. Distintos tipos de usuarios valoran de forma distinta a cada uno de los atributos, por ejemplo, algunos usuarios se preocuparán más por el costo mientras que otros valorarán más la reducción de los tiempos de viaje o la comodidad que el servicio ofrezca. Así, un servicio de transporte con una combinación de atributos fija, representará para los distintos usuarios, un valor distinto de contrautilidad.

La contrautilidad del viaje, como indicador, puede medirse en unidades de tiempo o de dinero; pero en cualquier caso, es necesario establecer una relación entre ellos, ya que ambos factores deben ser contemplados por este mismo indicador. El que tanto vale el tiempo, desde un punto de vista económico, depende mucho de las características socioeconómicas de los usuarios y de los motivos cada viaje en particular.

Un individuo realizará un viaje cuando para su caso particular y en un momento dado:

$$\text{Beneficio} > 0$$

Es decir, cuando se cumpla la condición:

$$\text{Utilidad del Destino} > \text{Contrautilidad del Viaje}$$

Curvas de Indiferencia.

Al surgir la necesidad de realizar un viaje, un individuo suele encontrar distintas opciones de transporte entre las cuales puede elegir. Cada una de estas opciones presentará distintos atributos (costo, tiempo, comodidad, seguridad, etc). Como cada individuo evalúa de distinta forma la importancia de estos atributos, frente un mismo conjunto de opciones, las elecciones de cada individuo serán distintas.

Los puntos de una curva de indiferencia son aquellos que representan las distintas combinaciones de atributos, que ofrecen a un usuario dado, un mismo

nivel de contrautilidad y por lo tanto la elección entre ellas por parte de este usuario es indiferente. Para un usuario existen una infinidad de curvas de indiferencia, una para cada nivel de contrautilidad posible. En la figura 2.1 se muestra un par de curvas de indiferencia entre los atributos costo y tiempo para un usuario dado.

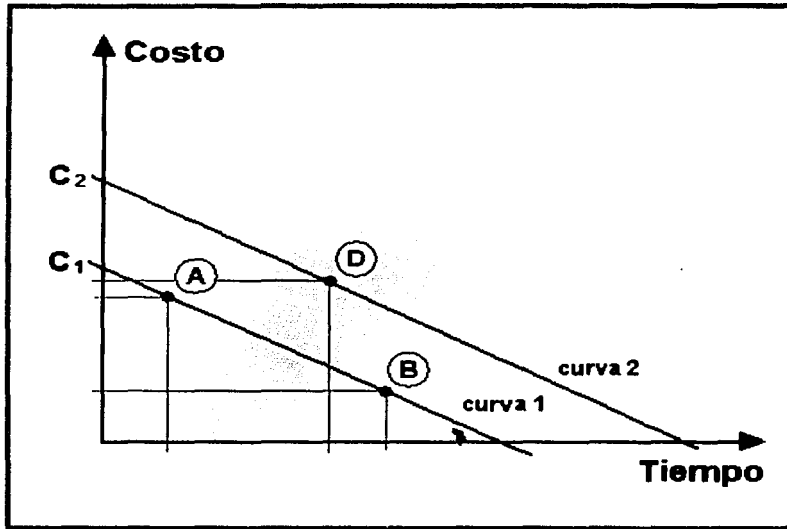


Figura 2.1 Curvas de Indiferencia de un individuo⁷

'A', 'B' y 'D' son tres servicios de transporte distintos, cada uno con sus atributos de costo y tiempo. Las curvas de indiferencia (en este caso rectas) muestran la valoración de los atributos por parte de un usuario dado. Mientras más cerca del origen pase una curva de indiferencia, menor será la contrautilidad asociada, por ello podemos saber que la curva 1 está asociada a un menor nivel de contrautilidad que la curva 2. Dado que para este usuario, los servicios 'A' y 'B' se encuentran sobre la misma curva de indiferencia, para él, presentan un mismo nivel de contrautilidad. Esta contrautilidad, expresada en dinero, es 'C₁'. Por otro lado, el servicio 'D', se encuentra sobre la curva 2, y presenta para este usuario un nivel de contrautilidad mayor que 'A' y 'B'. Esta contrautilidad, expresada en dinero, es 'C₂'.

Comparando 'A' y 'B', tenemos que el servicio 'B' es más barato pero 'A' es más rápido. Para este usuario el ahorro de tiempo que ofrece 'A' es igual de atractivo que el ahorro de dinero que ofrece 'B'.

⁷ Fuente : Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities. 1994

Comparando 'B' y 'C', vemos que 'B' resulta considerablemente más barato que 'D', pero 'D' es un poco más rápido que 'B'. Nuestro usuario encuentra más atractivo el ahorro económico que ofrece 'B' sobre el ahorro en tiempo que ofrece 'D'.

Al comparar los servicios 'A' y 'D', podemos ver que 'A' es un poco más barato que 'D' pero además es bastante más rápido. Considerando únicamente estos dos atributos, es evidente que no solo nuestro usuario, sino cualquier tipo de usuario preferirá el servicio 'A' sobre el 'D', ya que 'D' no ofrece ningún atributo ventajoso sobre 'A'.

La pendiente (costo / tiempo) es lo que se ha llamado valor del tiempo, esto quiere decir que mientras mayor sea la pendiente, mayor será el valor económico del tiempo que se asigna al individuo en cuestión. Al tratarse de rectas se considera que el valor del tiempo para este individuo es constante entre sus distintas posibilidades de transporte.

Las curvas de indiferencia para un mismo individuo no pueden intersectarse, ya que esto significaría que para una sola combinación de atributos, corresponden a la vez dos valores diferentes de contratilidad. Pero que sucede si se superponen las curvas de indiferencia de dos usuarios distintos, A y B.

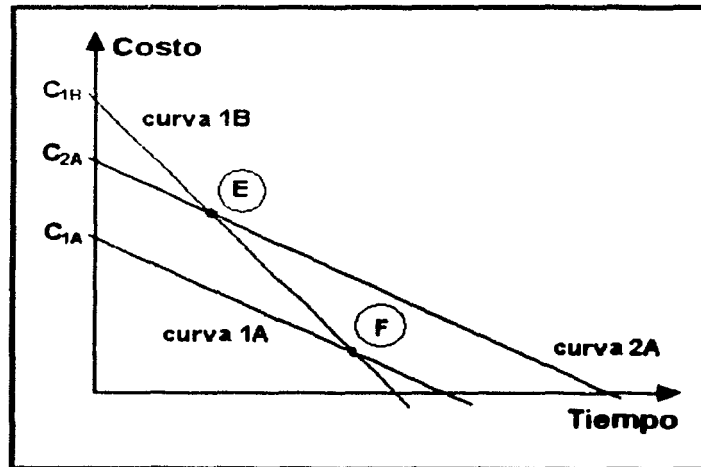


Figura 2. 2 - Curvas de Indiferencia de dos Individuos⁸

⁸ Fuente: Elaboración Propia

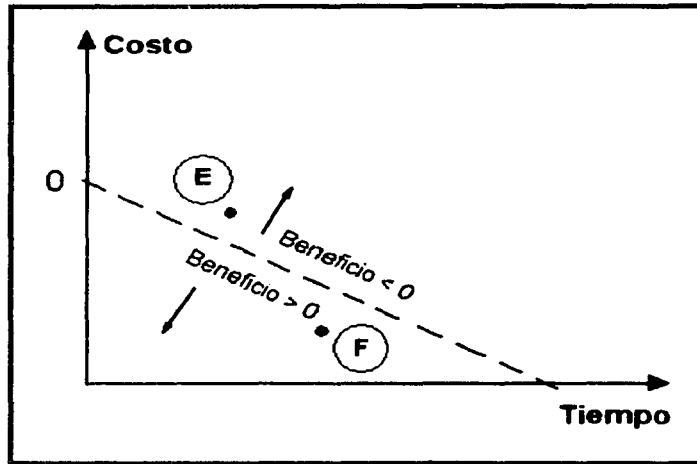
Las curvas presentadas antes (1 y 2, ahora 1A y 2A), serán las curvas del usuario A, y a ellas se sobrepondrá la curva 1B (en color rojo) de un usuario B. Lo primero que es posible notar es que la curva 1B es una recta de mayor pendiente que las del usuario A. Eso significa que al usuario B se le está asignando un mayor valor económico del tiempo que al usuario A, y es la razón de porqué toman distintas decisiones.

Ahora al comparar los dos servicios de transporte que se presentan, 'E' es considerablemente más rápido que 'F', pero 'F' mucho más barato que 'E'. Para el usuario B los servicios 'E' y 'F' presentados en la gráfica se encuentran sobre la misma curva de indiferencia, lo que significa que desde su perspectiva ofrecen la misma contrautilidad. Estos le son indiferentes porque dado el valor que le da al tiempo, el ahorro de dinero que le ofrece 'F' le resulta igual de atractivo que el ahorro en tiempo que le ofrece 'E'. Sin embargo, para el usuario A, el servicio 'F' es más atractivo que el 'E', porque al valorar menos su tiempo, el ahorro económico que le ofrece la opción 'F', le resulta más atractivo que el ahorro tiempo que le ofrece 'E'. Desde la perspectiva del usuario A, el servicio de transporte 'F' ofrece un menor nivel de contrautilidad que aquel del servicio 'E' ($C_{1A} < C_{2A}$).

Curva de Beneficio Cero.

Al definir lo que es una curva de indiferencia, se menciona que para un usuario pueden existir una infinidad de curvas de indiferencia, una para cada nivel de contrautilidad posible. Al presentarse la necesidad de realizar un viaje con una utilidad de destino dada, hay un nivel de contrautilidad que es crítico, este es el nivel de contrautilidad equivalente a la utilidad de destino y que por lo tanto generaría un beneficio cero. A la curva de indiferencia que corresponde a este nivel de contrautilidad la llamaremos 'curva de beneficio cero'. Esta curva divide a todas las opciones de transporte cuyos atributos generan a un usuario dado un beneficio (positivo) de aquellas opciones que no lo generan (beneficio negativo).

En la figura 2.3 se presenta el caso del mismo usuario A, si se considera a la línea punteada como la curva de beneficio cero, esta línea será la que divide a todas las opciones de transporte cuyos atributos generan al usuario un beneficio de las que no. Cualquier servicio que se encuentre por debajo de la curva de beneficio cero, será aceptable para el usuario A, ya que le genera un beneficio. Todas las opciones que se encuentren por encima de la curva, corresponderán a servicios que no resultan atractivos para el usuario en cuestión.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.3 - Curva de Beneficio Cero para un Usuario⁹

El que para un individuo todos los servicios de transporte existentes para un viaje se encuentren por encima de la línea de beneficio cero significa que a este individuo, desde su propia percepción, no le conviene realizar dicho viaje. Si en un momento dado, por cualquier circunstancia, la utilidad de un destino aumenta para determinado usuario, la curva de beneficio cero se desplazará alejándose del origen. Al suceder esto, servicios de transporte que antes no generaban beneficio alguno, ahora lo podrán llegar a generar sin que haya disminuido la contrautilidad asociada a ellos.

Estimación de la Contrautilidad de un Viaje.

El primer factor importante para estimar la contrautilidad de un viaje es establecer el valor del tiempo para cada usuario. Las costumbres y la idiosincrasia de cada sociedad, las distintas clases sociales dentro de una misma sociedad, e incluso factores como el día de la semana o la hora del día; hacen que varíe la concepción que cada quien tiene del valor de su tiempo.

Así se pueden proponer distintos criterios para evaluar el valor del tiempo de cada tipo de usuario de los sistemas de transporte. La siguiente es una propuesta basada en algunos estudios realizados en Estados Unidos.

⁹ Fuente: Elaboración Propia

Tipo de Viaje	Valor de una Hora de Tiempo
De Trabajo	200% del salario / hora
De Casa al Trabajo	33.3% del salario / hora
No Relacionado al Trabajo	16.7% del salario / hora

Tabla 2.2 - Propuesta para Asignar el Valor del Tiempo de un Individuo al Viajar¹⁰

Por ejemplo, en el caso de un viaje en automóvil particular con una transferencia en una estación multimodal para completarse en autobús; la contrautilidad del viaje, expresada económicamente podría calcularse de la siguiente forma:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Contrautilidad =	
Viaje en Automóvil	$[(\text{Tiempo de viaje en automóvil})(\text{factor1})] (\text{Valor del tiempo}) +$ $(\text{Tarifas por uso de vialidades}) +$ $(\text{Costos de operación y depreciación del automóvil}) +$
Transferencia	$(\text{Costo de estacionamientos}) +$ $[(\text{Tiempo de ingreso a la estación})(\text{factor2}) +$ $(\text{Tiempo de compra de boletos})(\text{factor3}) +$ $(\text{Tiempo de espera})(\text{factor4}) +$ $(\text{Tiempo de transferencia})(\text{factor5})] (\text{Valor del tiempo}) +$
Viaje en Autobús	$(\text{Costo del boleto de autobús}) +$ $[(\text{Tiempo de viaje en autobús})(\text{factor6}) +$ $(\text{Tiempo de caminata desde la parada de autobús})(\text{factor7})] (\text{Valor del tiempo})$

Tabla 2.3 - Ejemplo de la Estimación de la Contrautilidad de un Viaje¹¹

Como se puede ver, además del valor del tiempo, tenemos tres tipos de componentes: Costos (naranja), tiempos (verde), y factores asociados al tiempo (morado). Estos factores asociados al tiempo están relacionados con el tipo de actividad que se realiza durante dicho tiempo y el nivel de servicio que se ofrece para esta actividad.

¹⁰ Fuente: Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities HOROWITZ, Alan J. 1994.

¹¹ Fuente: Elaboración Propia

Por ejemplo en el caso del 'factor2', al ingresar a la estación, no será lo mismo contar con algún tipo de protección de la intemperie que estar directamente bajo la lluvia o a temperaturas extremas.

En el caso del 'factor4', que se refiere al tiempo de espera dentro de la estación, no será lo mismo esperar 20 minutos en una estación sucia, insegura y sin ningún servicio a los usuarios; que esperar los mismos 20 minutos, en una estación, limpia, segura, atractiva arquitectónicamente, y con una amplia variedad de servicios que les sean útiles e interesen a los usuarios.

Así el objetivo principal, en cuanto a los pasajeros se refiere, se concentra en reducir la contrautilidad del viaje, para lo cual no solo hay que disminuir tiempos, sino aumentar la seguridad, las comodidades y los servicios con los que el usuario cuenta; lo cual, en la ecuación se traduce en una disminución de los factores asociados al tiempo.

La siguiente es una propuesta de estimación de los factores para algunas de las actividades de transporte:

Actividad	Factor
Manejar un Automóvil Particular	1.0
Caminar	1.25
Caminar con Equipaje	3.0
Espera Productiva (o con algo interesante que hacer)	1.0
Espera Improductiva	2.0
Tiempo Formado	3.0
Viajar Sentado	1.0
Viajar de Pie	3.0

Tabla 2.3 - Tabla de Factores Propuestos para Algunas Actividades de Transporte¹²

Así, si una persona tiene que esperar 20 minutos formada, según esta tabla debemos considerar la contrautilidad asociada a 1 hora, para luego multiplicarla por el valor del tiempo correspondiente. Sin embargo, en algunos lugares, la gente puede ser más tolerante a ciertas incomodidades que en otros, lo cual tendrá que ser analizado para dar valores correctos a cada factor. Si los valores considerados no están adecuadamente ponderados para el tipo de usuarios del que se trata, el modelo desarrollado no representará al proceso de toma de decisión que lleven a cabo los usuarios, y por lo tanto, los resultados que se obtengan serán ficticios.

¹² Fuente : Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities. 1994

Función Beneficio.

Como ya se ha anotado:

$$\text{Beneficio} = \text{Utilidad del Destino} - \text{Contrautilidad del Viaje}$$

Dado el interés de un individuo por viajar a un destino en un momento dado:

$$\text{Utilidad del Destino (UD)} = \text{constante}$$

También, la contrautilidad que representa el realizar un viaje no es independiente de los servicios de transporte que se ofrecen, sino que está estrechamente relacionada con ellos.

$$\text{Contrautilidad del Viaje} = f(\text{atributos de la opción de transporte})$$

Por lo tanto, para un individuo con interés de realizar un viaje a un destino dado, en un cierto momento:

$$\text{Beneficio} = \text{UD} - f(\text{atributos de la opción de transporte})$$

El modelo que se describe a continuación es demasiado simple, pero es útil, al menos para ejemplificar y apoyarse para definir posteriormente algunos otros conceptos.

Si se considera, que los atributos que deben tomarse en cuenta para el transporte de pasajeros son únicamente el tiempo y el costo; y que la función beneficio es una función lineal con respecto a estos dos atributos, ésta quedaría de la siguiente forma:

$$\text{Beneficio} = \text{UD} - [\alpha (\text{tiempo}) + \beta (\text{costo})]$$

UD es la utilidad del destino, los parámetros ' α ' y ' β ' nos indican la sensibilidad de un usuario a la variación de los atributos tiempo y costo respectivamente.

Si el beneficio lo vamos a medir en unidades monetarias, la utilidad del destino tendrá que estar expresada también en estas mismas unidades. El parámetro ' α ' equivaldrá al valor del tiempo para el usuario del que se trate. En este caso el parámetro ' β ' será un parámetro unitario.

$$\text{Beneficio} = \text{UD} - [(\text{valor del tiempo})(\text{tiempo}) + (\text{costo})]$$

Ejemplo:

Supóngase que para una persona interesada en realizar un viaje en un momento dado:

UD: \$4,000
Valor del tiempo: \$80 / hora

Puede realizar su viaje en tren o en autobús, estas opciones presentan los siguientes atributos:

Autobus	Tren
Precio: \$ 500.00	Precio: \$ 700.00
Tiempo: 6 horas	Tiempo: 4 horas

$$\text{Beneficio}_{\text{autobús}} = 4,000 - (\$80/\text{hora})(6 \text{ horas}) - (\$ 500) = \$ 3,020$$

$$\text{Beneficio}_{\text{tren}} = 4,000 - (\$80/\text{hora})(4 \text{ horas}) - (\$ 700) = \$ 2,980$$

A este usuario, el autobús le brinda un mayor beneficio, por lo tanto preferirá esta opción de transporte.

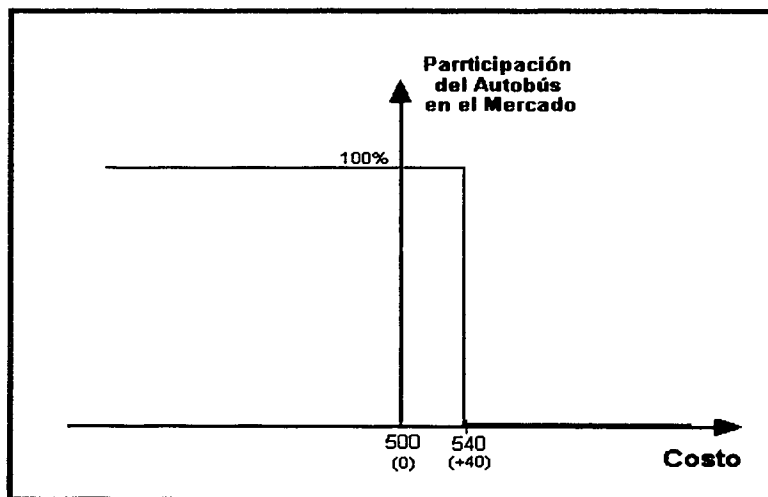
¿Pero qué sucedería si variaran los precios de los boletos? Si el precio del boleto de tren bajara de \$ 700 a \$660.

$$\text{Beneficio}_{\text{tren}} = 4000 - (\$80/\text{hora})(4 \text{ horas}) - (\$ 660) = \$ 3,020$$

El beneficio que este usuario obtendría del tren ahora sería el mismo que el que obtiene del autobús, y por lo tanto, las dos opciones le resultarían indiferentes.

Si el precio del autobús subiera de \$ 500 a \$ 540, también se igualarían los beneficios, y por lo tanto las dos opciones se volverían también indiferentes para este usuario. Para el autobús, esto se podría representar en una gráfica de participación en el mercado (en este caso un mercado de un solo individuo) de la siguiente forma:

La figura 2.4 muestra como variaría la participación en el mercado del autobús (considerando a un solo usuario), variando tan solo uno de sus atributos, en este caso el costo, y manteniendo todos los demás atributos sin cambio (*ceteris paribus*), según la función beneficio definida anteriormente.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.4. – Participación en el Mercado del Autobús con un solo Usuario¹³

Ahora, que sucedería si se tuvieran otros dos usuarios, así el "mercado" de tres individuos tendría las siguientes características:

Usuario 1:

UD: \$4,000

Valor del tiempo: \$ 80 / hora

$\text{Beneficio}_{\text{autobús}} = 4,000 - (\$80/\text{hora})(6 \text{ horas}) - (\$ 500) = \$ 3,020$

$\text{Beneficio}_{\text{tren}} = 4,000 - (\$80/\text{hora})(4 \text{ horas}) - (\$ 700) = \$ 2,980$

El usuario 1 prefiere el autobús; para que cambiara al tren, el precio del autobús tendría que subir a \$ 540.

¹³ Fuente : Elaboración Propia

Usuario 2:

UD: \$2,500

Valor del tiempo: \$ 40 / hora

$$\text{Beneficio}_{\text{autobús}} = 2,500 - (\$40/\text{hora})(6 \text{ horas}) - (\$ 500) = \$ 1,760$$

$$\text{Beneficio}_{\text{tren}} = 2,500 - (\$40/\text{hora})(4 \text{ horas}) - (\$ 700) = \$ 1,640$$

El usuario 2 prefiere el autobús; para que cambiara al tren, el precio del autobús tendría que subir a \$ 620.

Usuario 3:

UD: \$ 25,000

Valor del tiempo: \$ 250 / hora

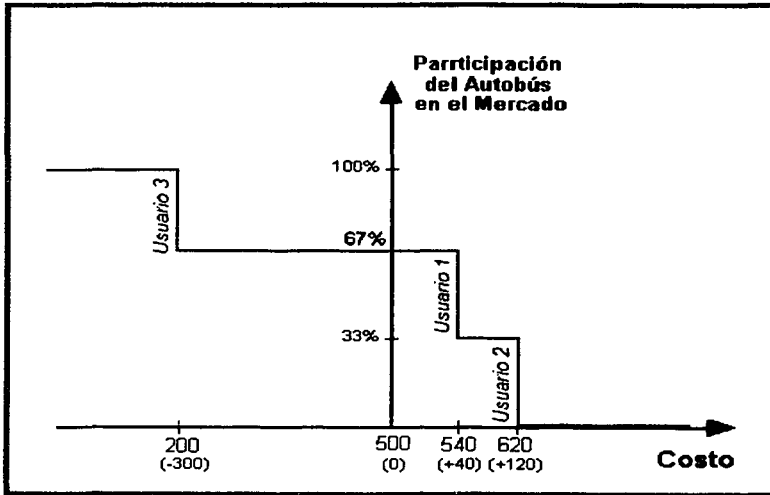
$$\text{Beneficio}_{\text{autobús}} = 25,000 - (\$250/\text{hora})(6 \text{ horas}) - (\$ 500) = \$ 23,000$$

$$\text{Beneficio}_{\text{tren}} = 25,000 - (\$250/\text{hora})(4 \text{ horas}) - (\$ 700) = \$ 23,300$$

El usuario 3 prefiere el tren; para que cambiara al autobús, el precio del autobús tendría que bajar a \$ 200.

Dado este mercado de tres individuos y los atributos del tren y del autobús, se puede ver en la gráfica que con el precio actual, el autobús tiene un 67% de participación en el mercado. Además, se puede observar que si se incrementara un poco el costo del autobús (+\$60), este perdería al 33% del mercado que atiende con el precio actual (\$ 500). Si el precio del autobús sufriera un mayor aumento (+\$120), perdería toda su participación en este mercado. En cambio, si se deseara atraer al 33% que no posee del mercado, tendría que bajar demasiado su precio (-\$300). La variación del precio y participación en el mercado del autobús con los tres usuarios se muestra en la figura 2.5.

Pero si en lugar de este mercado de tres usuarios, se definiera un mercado con un gran número de usuarios, la gráfica escalonada se iría suavizando, dando lugar a una curva suave y continua como la que puede verse en la figura 2.6.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.5. Participación del Autobús en el Mercado con Tres Usuarios¹⁴

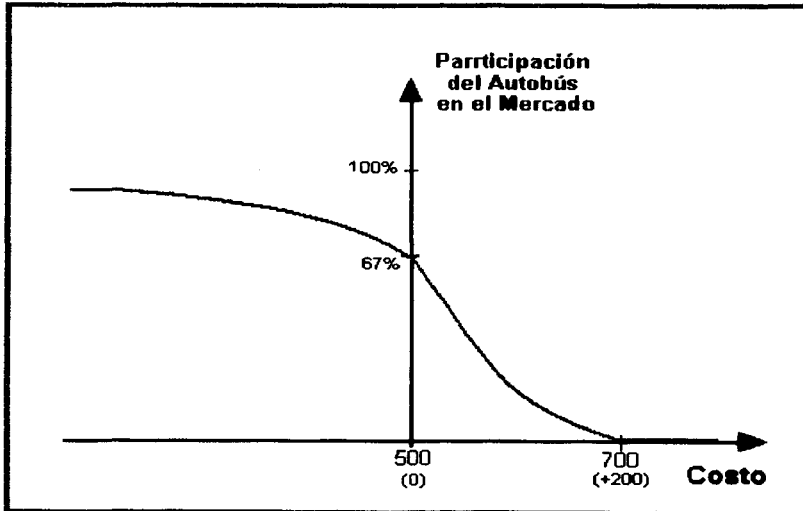


Figura 2.6. Participación del Autobús en el Mercado con Muchos Usuarios

¹⁴ Fuente :Elaboración Propia

En la figura 2.6 es posible ver que al aumentar su precio, el servicio de autobús podría perder parte importante de su participación en el mercado, delante de los \$500, la gráfica tiene mucha pendiente. Se puede ver además, que al llegar al precio de \$700, su participación en el mercado cae al 0%, ya que con este precio, el autobús no aventajaría al tren en ninguno de los dos atributos considerados. Sin embargo, aún si el servicio fuera gratuito, su participación en el mercado podría no ser del 100%, ya que algunos usuarios (con un muy alto valor del tiempo) podrían seguir prefiriendo las dos horas menos del viaje en tren que el dinero que se ahorrarían al no pagar nada por viajar en autobús.

Proceso de Toma de Decisión del Individuo.

Hasta aquí, la forma en que se plantea este proceso es aquella en la que el individuo siempre elegirá la opción de transporte que le brinde un mayor beneficio. Es decir, se ha utilizado un modelo determinístico. Este modelo representa el comportamiento de un usuario que conoce todas sus opciones de transporte con todos sus respectivos atributos, que tiene claramente establecidas todas sus preferencias, y que realiza un análisis comparativo completo antes de tomar su decisión. Evidentemente no es de esta manera, como la gran mayoría de los individuos llevan a cabo su proceso de toma de decisiones. Para modelar de forma más realista este proceso se puede incluir una variable aleatoria en la función beneficio. Este tipo de modelos se conocen como estocásticos en contraposición con los determinísticos.

2.3.2.- Comportamiento Agregado de los Usuarios de los Sistemas de Transporte.

El conocer el proceso de toma de decisiones de un individuo no es el objetivo final de la ingeniería de transportes. De hecho, los modelos matemáticos utilizados para describir el comportamiento agregado de los usuarios fueron desarrollados desde tiempo antes que la teoría de toma de decisiones del individuo. Esta última es una teoría desarrollada al profundizar en los estudios del comportamiento de los usuarios de los sistemas de transporte. A final de cuentas, lo que se necesita al estudiar la viabilidad de sistemas de transporte, es contar con modelos matemáticos que permitan prever el desarrollo de la demanda en el futuro ante distintos escenarios posibles. Solo de esta manera se podrá llevar a cabo un proceso de planeación confiable para el corto, mediano y largo plazo.

Al dividir a un mercado en distintos segmentos para su estudio, los modelos matemáticos básicos generalmente representan al comportamiento de cada uno de ellos de forma mucho más clara y confiable que si se quisiera representar al comportamiento de todo el mercado directamente a través de un solo modelo básico. Así se obtienen funciones de demanda para cada uno de los segmentos del mercado, adaptados a las características de cada uno, y la función de la demanda total se obtiene al sumar a las funciones de los distintos segmentos, es decir, agregando la demanda que genera cada uno de los segmentos.

Función de Demanda.

Normalmente, en cualquier función de demanda para el transporte, lo que queremos conocer es el volumen "V" de usuarios que harán uso de un servicio determinado. Para poder estimarlo se requiere conocer el valor de distintas variables, algunos autores proponen dividir a este tipo de variables en los siguientes dos grupos. El primero es el de aquellas variables que pertenecen al que se llama "sistema de actividades", aquí se incluyen población, tasa de empleo, nivel de ingresos, índice de propiedad de automóviles, actividad comercial e industrial, etc. El otro grupo es el de aquellas variables que definen a los "atributos del sistema de transporte", aquí se incluyen tiempos de viaje, tarifas, frecuencia de los servicios, densidad y áreas de cobertura, confiabilidad, los niveles de seguridad percibidos por el usuario, etc.

Formas Algebraicas de la Función Demanda.

Las funciones de demanda han sido ampliamente estudiadas y pueden tomar muchas formas; sin embargo, se ha visto que algunos modelos matemáticos básicos pueden servir para representar este tipo de procesos. Algunas de las más comunes expresadas en función de una sola variable (X), son las siguientes:

$$\begin{array}{ll} \text{Lineal:} & V = \alpha + \beta X \\ \text{Producto:} & V = \alpha X^{\beta} \\ \text{Exponencial:} & V = \alpha e^{\beta X} \\ \text{Logística:} & V = \alpha / (1 + e^{\beta X}) \end{array}$$

Elasticidad de la Función Demanda.

La elasticidad de la demanda es un indicador cuyo concepto básico está relacionado con el concepto de la derivada de una función, sin embargo, es un indicador adimensional y debe prestarse atención para interpretarlo correctamente. En el caso de la demanda de los sistemas de transporte, la elasticidad se expresa como la elasticidad del volumen de pasajeros en relación a una variable, por ejemplo X, "E_x(V)", y su forma general es:

$$E_x(V) = X/V (\delta V/\delta X)$$

Para dejar más claro el concepto de elasticidad, suele decirse que "es el cambio porcentual que ocurriría en el volumen de pasajeros al presentarse un cambio de un 1% en la variable X". Este ejemplo corresponde a la elasticidad de arco dentro de un rango que representara a una variación 1% del valor de X. En la siguiente tabla se presentan algunas de las derivadas y elasticidades de algunas de las funciones de demanda más comunes.

Modelo	Volumen (V)	Derivada ($\delta V/\delta X$)	Elasticidad (X/V) ($\delta V/\delta X$)
Lineal	$\alpha + \beta X$	β	$1 / (1 + \alpha/\beta X)$
Producto	αX^β	$\alpha \beta X^{\beta-1}$	β
Exponencial	$\alpha e^{\beta X}$	$\alpha \beta e^{\beta X} = \beta V$	βX
Logística	$\alpha/(1 + \gamma e^{\beta X})$	$-(\alpha \beta \gamma e^{\beta X})/(1 + \gamma e^{\beta X})^2 = -\beta V(1 - V/\alpha)$	$-(\beta \gamma X e^{\beta X})/(1 + \gamma e^{\beta X}) = -\beta X(1 - V/\alpha)$
Logística - Producto	$\alpha/(1 + \gamma X^\beta)$	$-(\alpha \beta \gamma X^{\beta-1})/(1 + \gamma X^\beta)^2 = -\beta(V/X)(1 - V/\alpha)$	$-(\beta \gamma X^\beta)/(1 + \gamma X^\beta) = -\beta(1 - V/\alpha)$

Tabla 2.4 - Funciones de Demanda y su Derivada y Elasticidad

En ocasiones también se maneja a la elasticidad de un rango de la función, y es conocida como la elasticidad de arco, su forma general se define como:

$$E_x (V) = X/V (\Delta V/\Delta X)$$

Ejemplo:

Veamos el caso de la función lineal ' $V = 50,000 - 1,200 X$ ', tabulada en la tabla 2.5 y graficada en la figura 2.7.

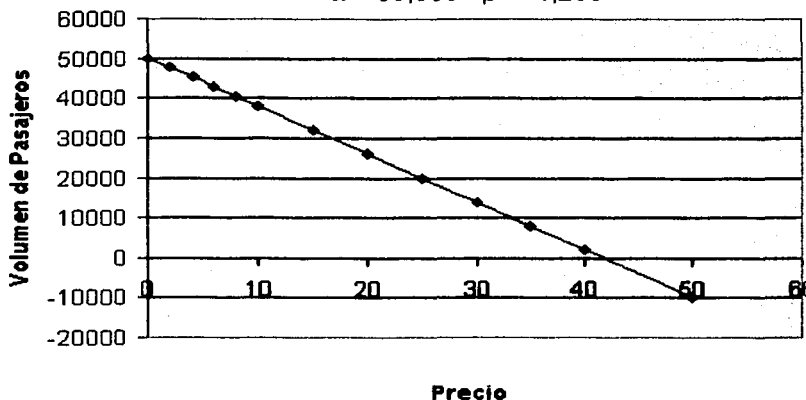
X (\$)	V {pasajeros}	Derivada {pas/\$}	Elasticidad
0	50000	-1200	0
2	47600	-1200	-0.0504
4	45200	-1200	-0.106
6	42800	-1200	-0.168
8	40400	-1200	-0.238
10	38000	-1200	-0.316
20	26000	-1200	-0.923
30	14000	-1200	-2.571
40	2000	-1200	-24.0
50	-10000	-1200	6.0

Tabla 2.5 - Tabulación de la Función Lineal Propuesta

Ejemplo de Función Lineal

$$V = \alpha + \beta X$$

$$\alpha = 50,000 \quad \beta = -1,200$$



TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

Figura 2.7 - Gráfica de la Función Lineal Propuesta

En la tabla 2.6 se puede observar la variación porcentual del volumen de pasajeros al presentarse un aumento de un 1% en el precio X. Se muestra que la variación porcentual del volumen de pasajeros equivale al valor de la elasticidad que se presenta en la tabla 2.5.

X	V	Variación en V (%)
2	47600	
2.02	47576	-0.0504
40	2000	
40.4	1520	-24.0

Tabla 2.6 - Tabulación con Variación de un 1% en el Precio X.

Ahora veamos el caso de la función logística ' $V = 1'000,000 / (1 + 0.4e^{0.15X})$ ', tabulada en la tabla 2.7 y graficada en la figura 2.7.

X (\$)	V {pasajeros}	Derivada {pas/\$}	Elasticidad
0	714,286	-30,612	0
2	649,375	-34,153	-0.105
4	578,420	-36,578	-0.253
6	504,073	-37,498	-0.446
8	429,545	-36,755	-0.685
10	358,080	-34,479	-0.963
20	110,691	-14,767	-2.67
30	27,022	-7,867	-4.38
40	6,159	-3,944	-5.96
50	1,381	-1,917	-7.49

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Tabla 2.7 - Tabulación de la Función Logística Propuesta.

Ejemplo de Función Logística

$$V = \alpha / (1 + \gamma e^{\beta X})$$

$$\alpha = 1'000,000; \gamma = 0.4; \beta = 0.15$$

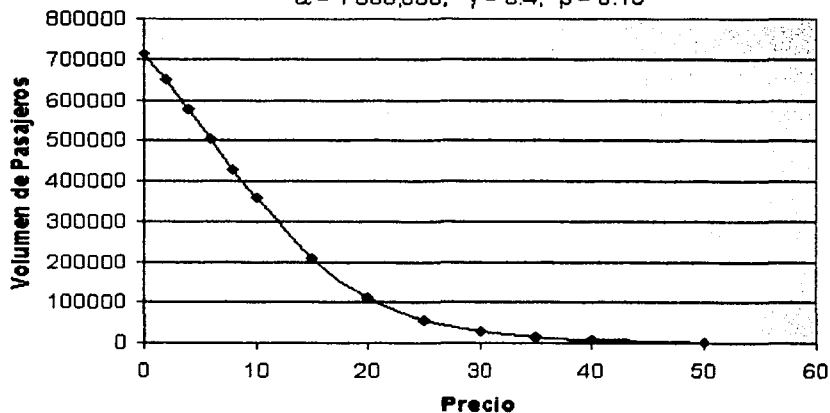


Figura 2.8 - Gráfica de la Función Logística Propuesta

Pese a que los conceptos de la derivada y de la elasticidad están relacionados, es importante notar que, como puede verse en las tablas 2.5 y 2.7, cuantitativamente se comportan de forma muy distinta.

Comportamiento Elástico e Inelástico.

Sea cual sea el modelo elegido, existe cierta relación entre el volumen de usuarios en un sistema de transporte y cualquier variable que represente a algún atributo de ese sistema de transporte. Sin embargo, al presentarse una variación en un atributo del transporte, la variación en el volumen de usuarios puede ser relativamente pequeña o relativamente grande. Para expresar esto de manera precisa, utilizando el lenguaje matemático, se define de la siguiente manera el comportamiento elástico y el inelástico de una función de demanda:

$$\text{Elástico: } |E_x(V)| > 1$$

$$\text{Inelástico: } |E_x(V)| < 1$$

Es importante notar que la única función con elasticidad igual a constante es la función producto, por lo cual el resto pueden presentar rangos de comportamiento elástico y rangos de comportamiento inelástico.

Los servicios de transporte masivos en las zonas urbanas generalmente operan dentro de rangos inelásticos, especialmente si están subsidiados. En la Ciudad de México, por ejemplo, al aumentar el metro su tarifa de \$2.00 a \$2.50, se trata de un aumento del 25%. Normalmente, al aumentar la tarifa de un servicio se espera que disminuya la demanda, pero ¿qué tanto? En este caso del metro, la disminución de la demanda sería evidentemente mucho menor al 25%, lo cual deja claro que se está operando en un rango inelástico.

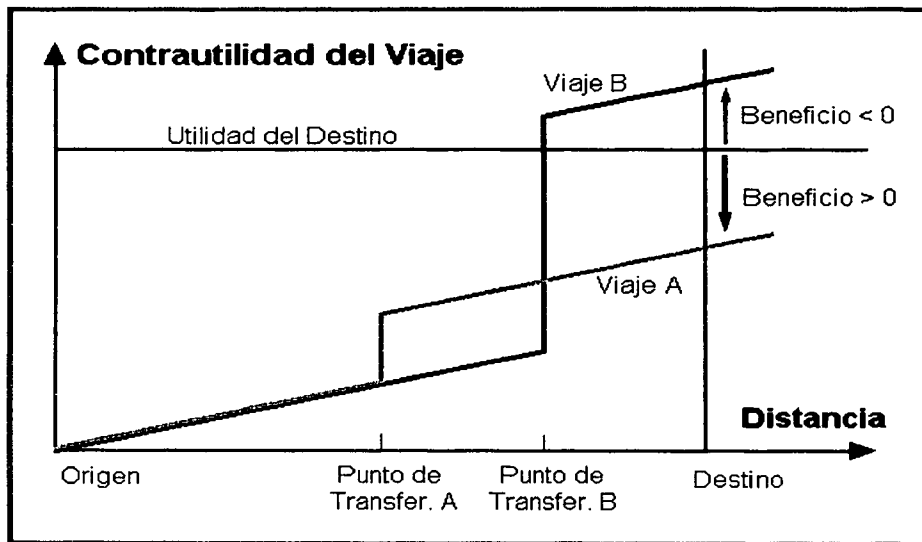
2.4.- Beneficios al Usuario en Estaciones Multimodales de Pasajeros.

Las mejoras en los componentes de los sistemas de transporte, incluyendo las estaciones, traen consigo un incremento de los beneficios al grupo de usuarios. Estos beneficios se traducen en que los usuarios podrán llegar a sus destinos en menos tiempo, con menores costos y mayor comodidad. También obtienen beneficios al tener al alcance un mayor número de destinos, obteniendo la posibilidad de realizar viajes que antes no eran posibles debido a la gran cantidad de inconvenientes que generaban.

La mayoría de los objetivos de cualquier tipo de estación, se alcanzan al maximizar los beneficios de los usuarios. En el caso de una estación multimodal, cualquier elemento que aumente la eficiencia en la transferencia de un modo de transporte a otro o incremente la posibilidad de que se presenten estas transferencias, presentará un aumento en los beneficios al usuario.

Al construir un aeropuerto o en general cualquier nueva estación de transferencias o al ampliar y remodelar una existente, se puede disminuir (o aumentar, si el diseño es malo) la contrautilidad de los viajes que a través de ella se realizan. Disminuir estas contrautilidades puede provocar que se generen

viajes que antes no se generaban, al otorgar un beneficio a usuarios que antes no lo obtenían. Esto lo podemos ver representado en una gráfica de la siguiente forma:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.9. Desarrollo de la Contrautilidad de dos Viajes entre el mismo Origen y Destino y en el mismo Modo de Transporte, pero con Transferencias en Puntos Distintos¹⁵

En la gráfica de la figura 2.9, están representados dos viajes. El 'Viaje A', se realiza a través del 'Punto de Transferencia A', donde se presenta una mucho menor contrautilidad que en el 'Punto de Transferencia B', para el 'Viaje B'. Como resultado de esto, para un usuario supuesto, el 'Viaje A' si llega a presentar un beneficio mayor a cero (contrautilidad < utilidad del destino), mientras que en el 'Viaje B', la contrautilidad generada es mayor a la utilidad de destino, por lo cual el viaje no ofrece ningún beneficio y no se lleva a cabo.

Para encontrar la utilidad que un proyecto es capaz de generar, deben compararse dos escenarios futuros: aquel en el cual el proyecto es llevado a cabo, y aquel en el que no. Se debe entonces sumar el incremento en el beneficio total que la obra en cuestión ofrecerá a todos sus distintos tipos de usuarios al comparar los dos escenarios.

¹⁵ Fuente : Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities 1994

Como hemos visto, un mismo inconveniente en un viaje, genera distintos niveles de contrautilidad a cada usuario. Por ejemplo, un aumento del 20% en el costo de un boleto puede ser muy significativo para algunos usuarios, mientras que para otros puede ser insignificante.

Hacer el análisis para cada usuario de forma individual es evidentemente imposible, pero considerar que todos los usuarios presentarán el mismo comportamiento suele ser demasiado impreciso. Por lo tanto, se debe desagregar al número total de usuarios en un número de grupos que caractericen a los tipos de usuarios más importantes de forma aceptable. Así a cada grupo de usuarios de un servicio de transporte dado se le puede asignar su propia curva de demandas, de acuerdo a la sensibilidad que presenten los usuarios a las variaciones en cada uno de los atributos de dicho servicio. Agregando cada una de estas curvas, obtendremos una curva de demandas para el total de los usuarios del servicio de transporte en cuestión.

Con este tipo de curvas, es posible estimar el aumento en el número de viajes que una mejora en los sistemas (reducción de contrautilidad) generará para cada una de las rutas posibles, como lo podemos ver en la gráfica de la figura 2.10.

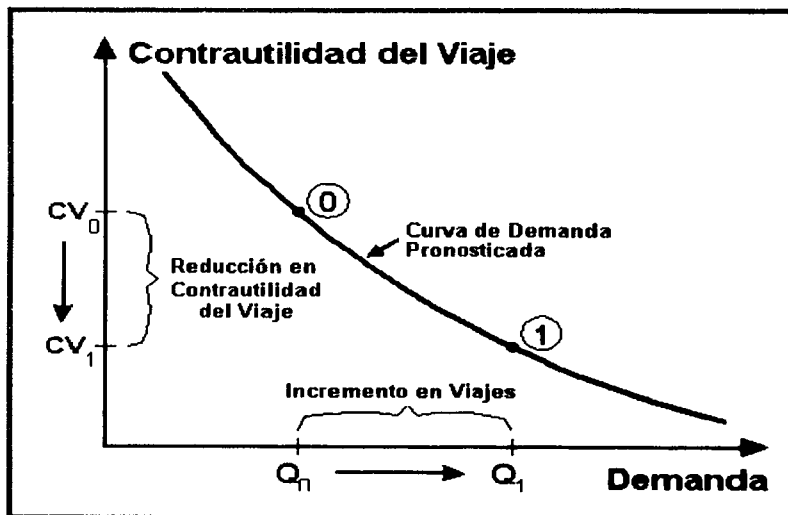
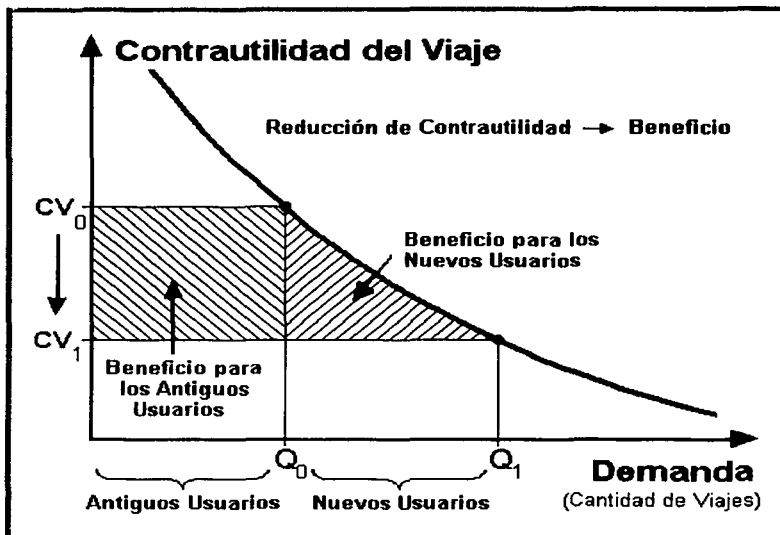


Figura 2.10 - Aumento de la Demanda al Disminuir la Contrautilidad del Viaje¹⁶

¹⁶ Fuente : Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities 1994



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 2.11 - Beneficio Generado al Disminuir Contrutalidad¹⁷

Observando ahora la gráfica de la figura 2.11, al calcular el área mostrada, la cual es aproximadamente un trapecio, podemos decir que el beneficio (utilidad generada) que brinda un proyecto de este tipo a la totalidad de pasajeros entre dos puntos determinados (uno de los cuales es nuestra estación), puede calcularse de la siguiente forma:

$$\text{Area del Trapecio} = \frac{1}{2} (\text{base menor} + \text{base mayor}) (\text{altura})$$

$$\text{Beneficio} = \frac{1}{2} (Q_0 + Q_1) (CV_0 - CV_1)$$

El número de viajes 'Q' es adimensional, y por lo tanto, el beneficio tendrá las mismas unidades que la contrutalidad 'CV'.

Una limitación que presenta esta metodología de evaluación, es que en el caso de las personas de escasos recursos, se le asigna al tiempo un valor económico menor que en el caso de las personas con muchos recursos económicos. Esto puede no ser apropiado para evaluar proyectos de transporte masivo para personas de ingresos entre medianos y bajos, que frecuentemente son de vital importancia para el funcionamiento de muchas ciudades y regiones de un país.

¹⁷ Fuente : Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities 1994

Capítulo 3

Modalidades del transporte terrestre

En este capítulo se analizará la situación general del transporte terrestre de pasajeros y las distintas modalidades de transporte terrestre que pueden servir a los distintos tipos de usuarios de un aeropuerto como modo de acceso a éste. De esta forma, teniendo en cuenta las características de cada uno de ellos, se podrá realizar un análisis comparativo que posteriormente permita destacar las posibilidades que tiene el transporte ferroviario como modo de acceso a un aeropuerto.

3.1.- Generalidades del Transporte Terrestre de Pasajeros

Al transporte terrestre de pasajeros se le puede dividir en dos grandes sectores, el urbano y el interurbano. Hoy, la mayoría de las personas en el mundo viven en zonas urbanas, la proporción de habitantes en zonas urbanas contra zonas rurales ha crecido mucho en el último siglo y continúa haciéndolo, México es un claro ejemplo. Prácticamente todos los habitantes de zonas urbanas son usuarios cotidianos de los sistemas de transporte urbano (a través del transporte público o del privado), incluyendo aquí los viajes que diariamente realizan muchas personas desde las zonas suburbanas hasta la zona céntrica de una ciudad. Mientras tanto, los sistemas de transporte interurbano son utilizados diariamente por una mucho menor cantidad de personas que realizan viajes más largos.

	Países Subdesarrollados		Países Desarrollados	
	Nacional (29 países)	Urbano (6 ciudades)	Nacional (21 países)	Urbano (29 ciudades)
Habitantes por km ²	85	12,928	122	5,513
Km de vialidades por km ²	0.2	4.3	1.2	10.7
Vehículos mot. / km de vialidades	10	101	31	163
Vehículos mot. / 1000 hab	34	39	356	448
Vialidades per cápita {m}	3.7	0.4	15.3	4.1

Tabla 3.1 - Algunos Indicadores del Transporte en Países Subdesarrollados y Desarrollados¹⁸

El automóvil es el modo de transporte urbano e interurbano más utilizado en la gran mayoría de los países del mundo, y se prevé que su uso siga incrementándose de forma muy importante, al menos en los próximos 20 años. A continuación se analizará un poco la presencia del automóvil dentro del conjunto que se llamará vehículos motorizados, que en la práctica no es más que el conjunto de automóviles y los distintos tipos de autobuses y camiones; modos de transporte cuya característica común, más que el motor, es que pueden compartir la misma superficie de rodamiento tanto en zonas urbanas como en carreteras. En la tabla 3.1 se pueden ver los valores de algunos indicadores respecto a los vehículos motorizados en general, obtenidos de una muestra realizada por el

¹⁸ Fuente: Banco Mundial 1980

Banco Mundial en 1980 en distintos países y ciudades, tanto de países desarrollados como subdesarrollados.

Como puede verse en la tabla 3.1, las diferencias en materia de motorización e infraestructura entre los países desarrollados y los subdesarrollados son notables. El principal reto para los países en desarrollo será el de ofrecer una oferta de infraestructura vial adecuada a lo que la demanda futura puede llegar a ser, especialmente en las grandes ciudades. En este sentido, el problema para los países en desarrollo aparentemente será mucho mayor, ya que presentan mayores tasas de crecimiento en su población, los índices de motorización se prevé crezcan bastante más que en los países ya desarrollados, la infraestructura vial suele tener niveles de servicio bajos en la actualidad, y el crecimiento de las ciudades suele ser más desordenado. Ante este panorama, en algunos países en desarrollo, particularmente en Asia, se está invirtiendo mucho en sistemas de transporte masivo de pasajeros, especialmente en sistemas ferroviarios que son los que más infraestructura requieren.

Indíces de Motorización y Automóviles

En cuanto a factores económicos, estadísticamente se ha visto que el número de vehículos motorizados crece de forma proporcional al ingreso de la población. En la siguiente gráfica 'log - log' puede verse como al aumentar el ingreso per cápita, aumenta también el índice de vehículos motorizados por mil habitantes, esto con estadísticas de 50 países entre 1970 y 1990.

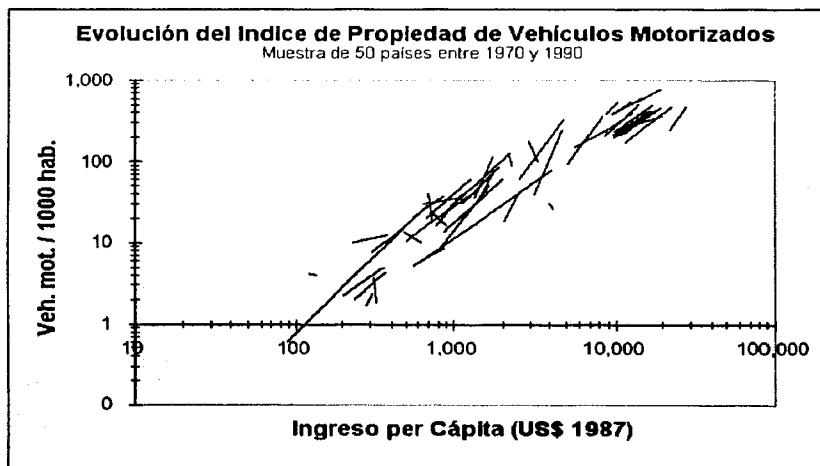


Figura 3.1¹⁹

¹⁹ Fuente : Banco Mundial. 1997

Sin embargo, las características de esta flota vehicular van cambiando. La flota de vehículos de carga generalmente crece de forma más lenta que el total, esto se debe a que al aumentar el ingreso, la producción de bienes suele aumentar más lentamente que la producción de servicios. El aumento del ingreso también tiende a hacer que aumente el tamaño de los vehículos de carga; esto debido a diversos factores, antes que nada, el contar con más capital para invertir, permite la compra de mayores vehículos; pero también, debido a la mayor oportunidad de aprovechar las ventajas de las economías de escala y al aumento del costo de la mano de obra de los choferes. Así al comparar a las flotas vehiculares de los países más desarrollados y los menos desarrollados encontramos que, en estos últimos, los automóviles presentan un porcentaje menor del total de los vehículos motorizados y que el transporte de carga se lleva a cabo en vehículos de menor tamaño (aumentando el número de vehículos necesario para transportar la carga y el precio unitario de su transportación).

ESTIS CON
FALLA DE ORIGEN

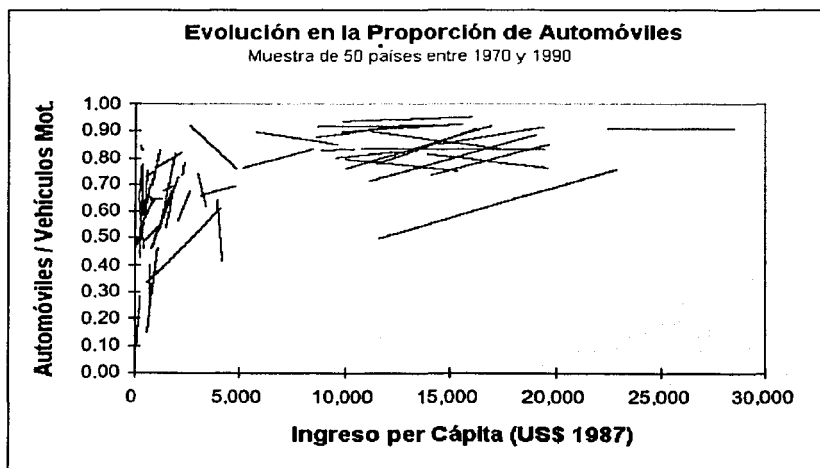


Figura 3.2²⁰

En la figura 3.2 puede verse como varía la proporción de automóviles contra el total de los vehículos motorizados al variar el ingreso per cápita en una muestra de 50 países entre 1970 y 1990. El grueso de los países con un ingreso per cápita menor a los US \$5,000 anuales se encuentra con una proporción de automóviles contra el total de los vehículos motorizados que varía entre el 50 y el 80%. Mientras tanto en los países con un ingreso per cápita mayor a los US \$10,000 anuales, el grueso se encuentra con una proporción que varía entre un 75 y un 95%.

En la figura 3.3 se pueden ver algunos de los pronósticos referentes al crecimiento de la flota vehicular de algunos países y regiones del mundo, presentada por el International Energy Outlook en 1999. En ella se puede observar que países como Corea del Sur, México y Brasil son los que se estima presenten mayor crecimiento. Este tipo de crecimiento podría representar grandes problemas, especialmente para las grandes ciudades de estos países, en donde el incrementar la oferta de superficie de rodamiento resulta muy complicado, especialmente en el área central de servicios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Vehículos por cada 1000 Habitantes en algunos Países y Regiones del Mundo

COMPARACIÓN 1996 - 2020

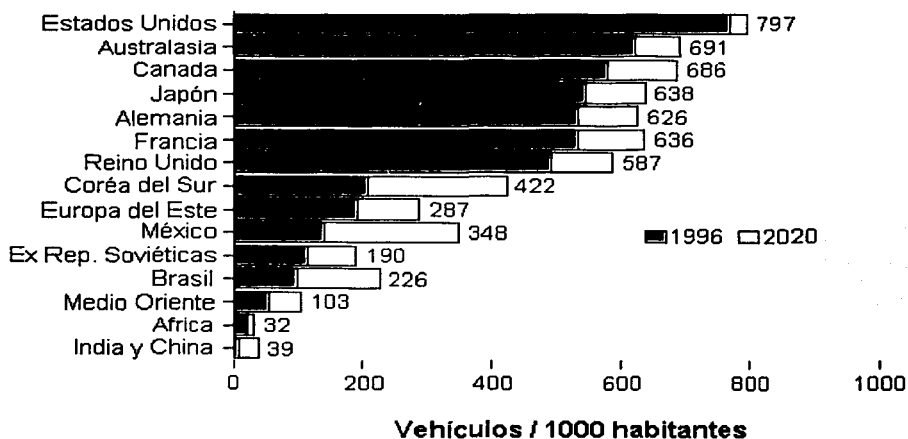


Figura 3.3.²¹

Dentro de lo que es el movimiento urbano de pasajeros encontramos que el aumento del ingreso de una población aumenta también el valor del tiempo de los individuos que la componen, dirigiendo la demanda hacia modos más caros y rápidos. En la ciudades este cambio se suele traducir generalmente en un cambio del transporte público masivo a los automóviles particulares. En ciudades de países desarrollados esto suele disminuir la demanda del transporte público masivo (aunque también aumenta la demanda general de transporte de las clases menos favorecidas). En los países subdesarrollados, la migración de las zonas

²¹ Fuente: EIA International Energy Outlook 1999

rurales a las urbanas compensa y hasta “sobrecompensa” a este factor de disminución en la demanda del transporte público masivo. El aumento en el valor del tiempo de las personas también hace que los propietarios de un automóvil particular busquen ir directamente a su destino, sin estar recogiendo o llevando gente. Esto explica, al menos en parte, el que al aumentar el ingreso de una población, disminuya el índice de ocupación promedio de los automóviles particulares.

Al automóvil se le busca, entre otras cualidades, por su velocidad, en general mayor a la del transporte masivo que utiliza la misma superficie de rodamiento. Sin embargo, al aumentar la proporción de viajes que se realizan por automóvil aumenta la congestión de las vialidades y por ende, disminuye la velocidad media del flujo total de vehículos a través de éstas. Al ser congestionadas las vialidades urbanas, se afecta negativamente al transporte público masivo que hace uso de las mismas, además de que generalmente se hace al entorno más hostil para peatones y ciclistas. Es importante que las ciudades se preocupen por contrarrestar estos efectos negativos. Para proteger al transporte masivo, en algunas ciudades se les concede el uso de carriles exclusivos a lo largo de corredores estratégicos.

En cuanto a la relación entre cantidad de vehículos y la longitud de las vialidades (caminos, calles, carreteras); se ha visto que al aumentar el ingreso, esta tiende a aumentar. A través de la teoría económica, esto puede explicarse por el hecho de que los vehículos son bienes comercializables (objetos de compra – venta), mientras que las vialidades no lo son. La relación entre el precio de los bienes no comercializables (vialidades) con respecto a los que si lo son (vehículos), tiende a aumentar con el aumento del ingreso de una población en el tiempo. De aquí, podría justificarse en cierta forma el que la relación vehículos motorizados por longitud de vialidades tienda a aumentar, tanto a niveles nacionales como urbanos. En cuanto a la oferta de vialidades en zonas urbanas, hay que considerar que el aumentar esta oferta en áreas ya construidas suele ser difícil y muy caro, dado que al estar la mayoría de los espacios ya ocupados, el adquirir nuevos derechos de vía tiene un costo social muy alto, a menos que se haya conservado el derecho sobre estos espacios y hayan sido respetados.

La saturación de las vialidades aumenta los tiempos de viaje y al mismo tiempo encarece los servicios de transporte. Por un lado debido a que los costos de operación aumentan (mayor consumo de combustible y desgaste del vehículo por unidad de distancia recorrida); pero también hay que considerar el valor económico del tiempo de los viajantes. Al aumentar los tiempos de recorrido de los viajes, aumenta el costo que el viaje representa para cada individuo, más allá de la tarifa que se pague por el servicio o los gastos de mantenimiento de un vehículo, ya que generan una mayor pérdida de tiempo.

Corredores Urbanos de Transporte Masivo

Los corredores urbanos de transporte masivo pueden clasificarse según la cantidad de pasajeros que se transporten diariamente a través de él. En un corredor de transporte se pueden ofrecer distintos servicios a través de distintos modos de transporte. Cada servicio de transporte público tendrá su capacidad de línea, determinada por la frecuencia del servicio y la capacidad de cada vehículo. La capacidad total a lo largo del corredor, será la suma de las capacidades de cada modo de transporte en servicio.

Demanda pas/hora/sentido	5000	10000	15000	20000	25000	30000
Metro						
Construcción {\$1000/hora}	57.48	57.48	57.48	57.48	57.48	57.48
Equipamiento {\$1000/hora}	2.16	4.33	6.49	8.65	10.81	12.98
Operación {\$1000/hora}	1.55	3.1	4.65	6.21	7.76	9.31
Total {\$1000/hora}	61.19	64.91	68.62	72.34	76.05	79.77
Costo por Pasajero	12.24	6.49	4.57	3.62	3.04	2.66
Tren Ligero						
Construcción {\$1000/hora}	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34	14.34
Equipamiento {\$1000/hora}	2.74	5.49	8.23	10.97	13.72	16.46
Operación {\$1000/hora}	3.8	7.6	11.4	15.2	19	22.8
Total {\$1000/hora}	20.88	27.43	33.97	40.51	47.06	53.6
Costo por Pasajero	4.18	2.74	2.26	2.03	1.88	1.79
Autobús						
Equipamiento {\$1000/hora}	1.24	2.5	3.59	4.31	5.33	6.21
Operación {\$1000/hora}	7.81	16	23.36	28.45	35.5	41.66
Subtotal {\$1000/hora}	9.05	18.5	26.95	32.76	40.83	47.87
Mant. Calles {\$1000/hora}	1.68	2.18	2.86	5.71	6.57	9.88
Total {\$1000/hora}	10.73	20.68	29.81	38.47	47.4	57.75
Costo por Pasajero	2.15	2.07	1.99	1.92	1.90	1.93

Tabla 3.2 Fuente: COMETRAVI 1999.

El poner en servicio una línea de transporte a lo largo de un corredor tiene costos económicos. Estos costos se pueden dividir en *costos de inversión* (o de *capital*), y en *costos de operación*. Por ejemplo una línea de autobuses suele tener un costo de inversión mucho menor al de una línea de metro (dado que la infraestructura vial ya está construida), pero al dar servicio a grandes volúmenes de pasajeros, los costos de operación de una línea de metro suelen ser menores a los de una línea de autobuses. Al construir una línea de metro a lo largo de un corredor, se aumenta de manera muy importante la capacidad de dicho corredor, ayudando a descongestionar la vialidad y reduciendo los costos (incluyendo al costo asociado al tiempo de los pasajeros) del transporte en superficie. Esto hace que el contar con una línea de metro a lo largo de un corredor se justifique aún si los costos totales de tratamiento por pasajero (incluyendo la amortización de la infraestructura) sean ligeramente superiores a los de el tratamiento por pasajero en una línea de autobús.

En la tabla 3.2 se presenta una serie de datos sobre los costos de explotación de líneas de metro, tren ligero y autobús en el Distrito Federal presentadas en un estudio de 1999 por la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad (COMETRAVI). Lo que sobresale es elevado costo fijo del metro en comparación con un costo fijo más bajo por parte del tren ligero y uno que comparativamente, casi podríamos considerar nulo para una línea de autobús. Sin embargo, en la gráfica podemos ver como al tener que aumentar la oferta, los costos directos (equipamiento y operación) aumentan de forma mucho más acelerada en una línea de autobús que en una de tren ligero o de metro.

Como puede verse en las figuras 3.4 y 3.5, el costo por "*pasajero/hora/sentido*" a lo largo de una línea de metro es ligeramente mayor para el caso de 30,000 "*pasajeros/hora/sentido*" pero como dijimos anteriormente, la construcción de una línea de metro a lo largo de un corredor aumenta de manera muy importante su capacidad, descongestionando la vialidad y reduciendo los costos del transporte en superficie. Tanto la disminución de los costos de operación del transporte en superficie, como todo el tiempo ahorrado en viajes por parte de los usuarios de todos los sistemas de transporte que operan en ese corredor (incluyendo por supuesto a los automóviles particulares) son beneficios que deben ser considerados el realizar la evaluación costo / beneficio de una línea del metro.

De hecho ocurre un fenómeno que es interesante observar, aún si no aumenta la demanda que enfrenta una línea de autobuses, al aumentar el congestionamiento de las vialidades, disminuyen las velocidades medias de operación y por lo tanto la frecuencia del servicio. Al disminuir la frecuencia del servicio disminuye la capacidad de la línea (disminuye la oferta), y por lo tanto, haría falta poner en circulación a un mayor número de autobuses para conservar la misma frecuencia de servicio y así atender al mismo nivel de demanda.

La información de la tabla 3.2 obtenemos se presenta gráficamente en las figuras 3.4 y 3.5.

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

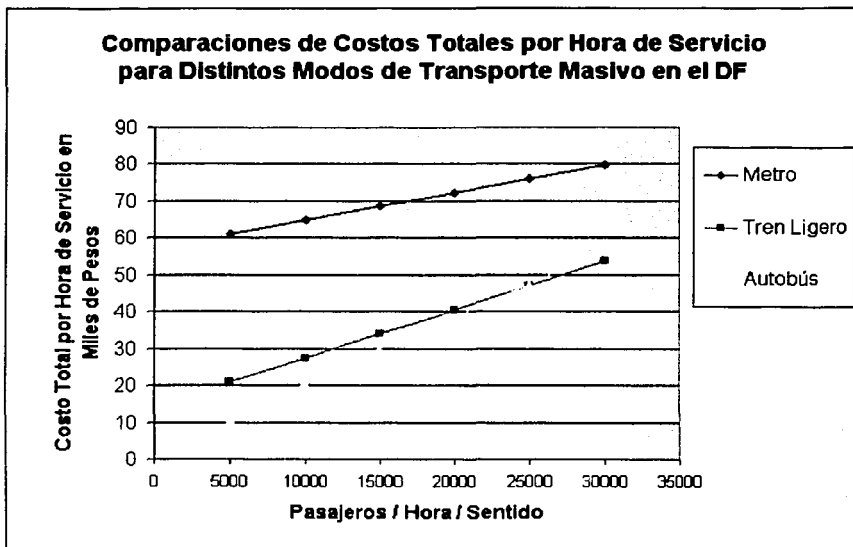


Figura 3.4

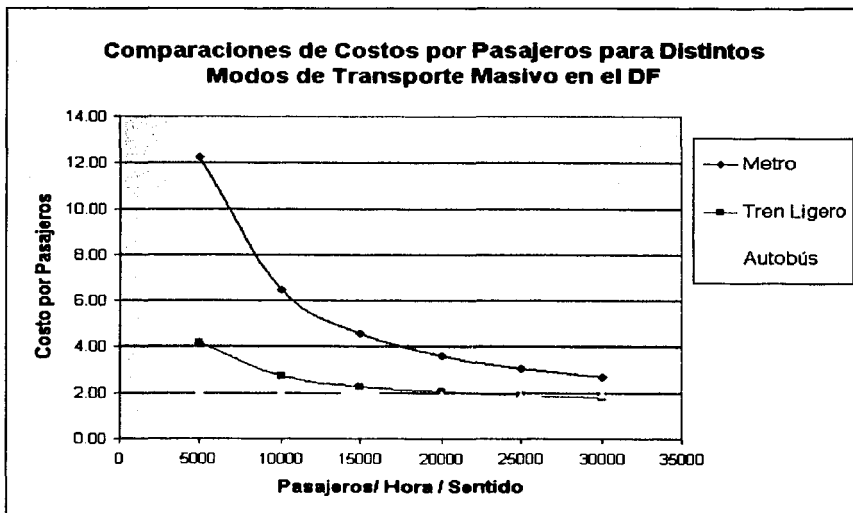
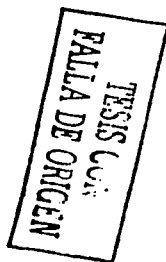


Figura 3.5



En cuanto a las velocidades de operación, el metro y el tren ligero tienen la ventaja de contar con un derecho de vía exclusivo, lo cual es importante tomando en cuenta los grandes problemas actuales de congestión vehicular en las ciudades. Si bien el servicio del metro a lo largo de su recorrido posee múltiples paradas a distancias no muy grandes, ocasionando que disminuya su velocidad promedio de trayecto, por ejemplo, el metro de la Ciudad de México opera a una velocidad media de 34 km/h, aunque su velocidad máxima puede ser un poco más que el doble.

La velocidad media de operación de automóviles y autobuses depende mucho de la hora y el lugar en el que transiten, siendo la de los autobuses menor en casi todos los casos. Esto se debe a dos factores, por un lado su mayor peso y volumen no les permite ni acelerar ni frenar tan rápidamente como un automóvil, y por otro lado está, por supuesto, el hecho de que deben hacer paradas continuamente.

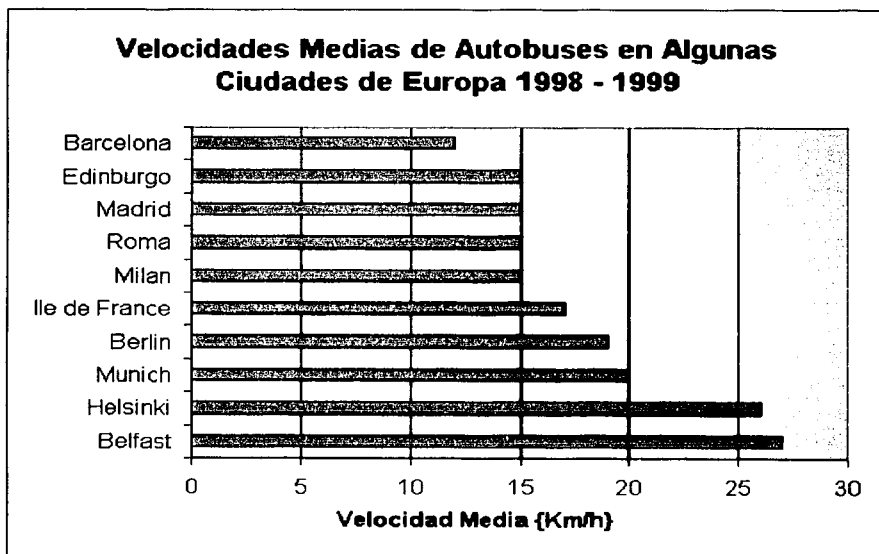


Figura 3.6²²

²² Fuente: Citizens' Network Benchmarking Initiative - Comisión Europea

En cuanto a la velocidad de los automóviles en el área central de servicios, los registros a las horas de máxima demanda entre semana para algunas ciudades son de:

15 km/h o menos	10 km/h o menos	8 km/h o menos
Kuala Lumpur	Bangkok	Seul
Sao Paolo	Manila	Shangai
-	Cd. de México	-

Tabla 3.3 - Velocidad de Operación de Automóviles a Horas Pico en algunas Ciudades del Mundo²³

Transporte Interurbano

El transporte interurbano se caracteriza por mayores distancias y en general mayores velocidades medias que el transporte urbano. Sin embargo, las distancias pueden ser muy variables, desde cincuenta u ochenta kilómetros, hasta varios miles. En cuanto a los modos de transporte se tiene básicamente el automóvil, los autobuses, los trenes y aparece ahora el transporte aéreo. Este medio de transporte tiene aquí un papel muy importante, especialmente en corredores de más de 500 ó 600 km.

A principios del siglo veinte, los ferrocarriles fueron el modo de transporte interurbano más importante, y sus redes crecieron de forma extraordinaria, pero para la segunda mitad del siglo XX fueron las redes carreteras y el tránsito aéreo quienes absorbieron prácticamente todo el crecimiento. Hoy en día el único tipo de trenes competente para el tráfico interurbano de pasajeros es el de alta velocidad.

En las largas distancias, el automóvil es uno de los modos de transporte interurbano más lentos, sin embargo, sigue siendo el modo de transporte más utilizado. Esto se debe en parte a algunas ventajas que otorga a sus usuarios y también a la percepción de los costos que los propietarios de un automóvil suelen tener. En general, al viajar en un automóvil particular, los usuarios consideran los costos como gasolina, cuotas de carreteras y estacionamientos; pero ignoran otros como mantenimiento, depreciación, seguros, etc.

Para comparar a los modos de transporte urbano en cuanto a tiempos de viaje es necesario considerar los tiempos de acceso a las estaciones y los tiempos de tramitación y espera tanto en las estaciones como ya dentro del vehículo. Así Papacostas propone los siguientes tiempos para el transporte aéreo (doméstico) y ferroviario de pasajeros:

²³ Fuente: Cities on the Move; Urban Transport Strategy Review 2001; Banco Mundial

Ferrocarril	
Componentes	t (min)
Acceso a estación origen	20
Espera de tren y abordaje	20
<i>Tiempo de recorrido</i>	-
Bajar del tren y salir de la estación	10
Acceso a destino final	20
Total	70

Avión	
Componentes	t (min)
Acceso a aeropuerto origen	30
Tramitación, recorrido y espera en sala	30
Abordaje hasta que el avión abandona posición	15
Rodaje y despegue	10
<i>Tiempo de vuelo</i>	-
Aterrizaje y rodaje hasta posición	5
Salir del avión y recorrido hasta recuperación de equipaje	10
Espera de equipaje	15
Salir del aeropuerto	5
Acceso a destino final	30
Total	150

Tabla 3.4 Estimación de tiempos adicionales al tiempo de recorrido al viajar en tren y en avión²⁴.

Así estos tiempos adicionales serán la ordenada al origen para el modo de transporte correspondiente en una gráfica distancia - tiempo. Las velocidades se considerarán de 95, 300 y 800 km/h para automóvil, tren de alta velocidad y avión respectivamente.

²⁴ Fuente: Transportation Engineering and Planning. PAPACOSTAS C.S.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Tiempos de Viaje "Puerta a Puerta"

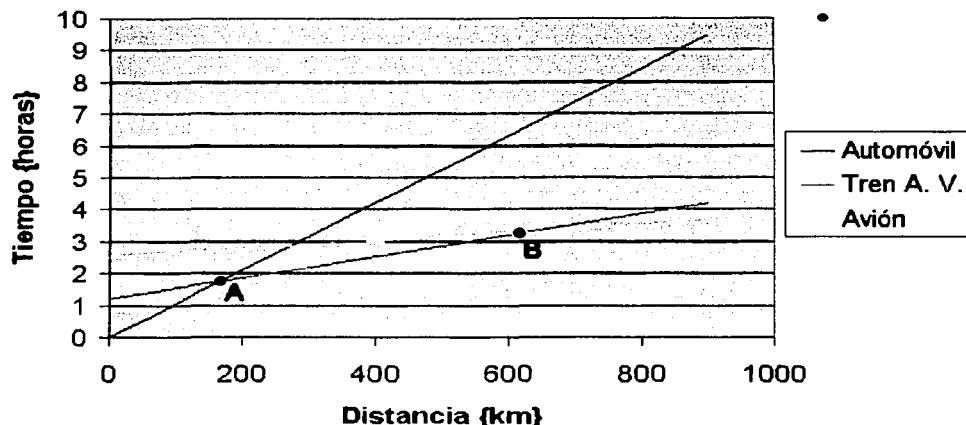


Figura 3.7 - Tiempos de Viaje Puerta a Puerta para el Automóvil, el Tren de Alta Velocidad y el Avión²⁵

En la gráfica podemos ver que, dadas las hipótesis antes mencionadas, el automóvil es el modo de transporte más rápido para viajes entre 0 y 180 km (tramo 0-A en la gráfica). El tren de alta velocidad vendría siendo el más rápido para distancias de entre 180 y 620 km (tramo A-B en la gráfica), y por último, de 620 km en adelante (en la gráfica, a partir de B) el avión resulta ser el más rápido.

Sin embargo el tiempo total del viaje no es siempre el factor decisivo para la toma de decisiones en cuanto al modo de transporte que las personas elegirán. En Estados Unidos la participación de los principales modos de transporte interurbano con respecto a la distancia del viaje es la siguiente:

Distancia {km} (viaje sencillo)	% del total de viajes	% Automóvil	% Autobús	% Tren	% Avión
< 500	29.6	95.5	0.3	0.5	0.7
500 - 800	26.6	91.6	0.4	2.6	4.1
800 - 1500	21.3	76.3	0.6	0.7	19.1
> 1500	22.5	35.9	0.3	0.5	60.6

Tabla 3.5 - Participación de Modos de Transporte según Distancias de Viaje en Estados Unidos²⁶

²⁵ Fuente: Transportation Engineering and Planning. PAPACOSTAS C.S.

²⁶ Op. Cit.

Transporte	1980	1985	1990	1995	1999
Carretero					
Millones de Pasajeros	1,132	1,517	1,932	2,667	2,677
% del Terrestre	97.95	98.49	99.12	99.75	99.97
% del Total	96.86	97.52	98.48	99.12	99.21
Dist. Prom. (km)	135.5	138.7	139.7	143.2	143.9
Millones de Pas - km	153,357	210,366	269,871	381,898	385,296
% del Total	91.95	92.80	94.60	96.24	95.96
Ferroviario					
Millones de Pasajeros	23.7	23.3	17.1	6.7	0.8
% del Terrestre	2.05	1.51	0.88	0.25	0.03
% del Total	2.03	1.50	0.87	0.25	0.03
Dist. Prom. (km)	223.4	258.2	312.0	283.4	317.5
Millones de Pas - km	5,295	6,015	5,338	1,899	254
% del Total	3.17	2.65	1.87	0.48	0.06
Marítimo					
Millones de Pasajeros	0.7	0.8	1.3	2	2.4
% del Total	0.06	0.05	0.07	0.07	0.09
Dist. Prom. (km)	415.7	281.3	173.1	93.5	102.1
Millones de Pas - km	291	225	225	187	245
% del Total	0.17	0.10	0.08	0.05	0.06
Aeronáutico					
Millones de Pasajeros	12.3	14.5	11.4	14.9	18.2
% del Total	1.05	0.93	0.58	0.55	0.67
Dist. Prom. (km)	637.8	695.3	862.3	862.0	864.3
Millones de Pas - km	7,845	10,062	9,830	12,844	15,730
% del Total	4.70	4.45	3.45	3.24	3.92
Total					
Millones de Pasajeros	1156.4	1541.1	1950.4	2675.7	2680.2
Millones de Pas - km	166,788	226,688	285,262	398,828	401,525

Tabla 3.6 - Evolución del Transporte Interurbano en México²⁷²⁷ Fuente: Manual Estadístico del Transporte - Edición 2001. IMT

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

3.2.- Modos de Transporte Terrestre como Opciones de Acceso al Aeropuerto

3.2.1.- Automóvil

Además de los automóviles particulares, a través de este modo de transporte se ofrece una amplia variedad de servicios: autos rentados, taxis, camionetas, etc. La velocidad de acceso que cualquiera de estos ofrecen es potencialmente alta, pero su principal limitación radica en tener que compartir la superficie de rodamiento con todos los usuarios de ésta. Como se ha visto, en las grandes ciudades a menudo las congestiones y embotellamientos son inevitables, disminuyendo drásticamente la velocidad media del recorrido. Además, en ocasiones resulta imprevisible el nivel de servicio que presentarán estas vías, haciendo al sistema vulnerable a retrasos y restándole confiabilidad.

Automóvil Particular

El automóvil particular es el modo más utilizado en la mayoría de los aeropuertos del mundo como modo de acceso. Su principal ventaja es su gran flexibilidad y la conveniencia de su movimiento directo entre origen y destino. Esta ventaja se vuelve aún más atractiva si se necesita transportar una considerable cantidad de equipaje, o para personas mayores, discapacitadas o niños pequeños.

Puede ser el modo de acceso de cualquiera de los usuarios del aeropuerto (pasajeros, acompañantes, visitantes, empleados, clientes). Los propietarios de un vehículo tienen que hacer frente a gastos de operación, mantenimiento y depreciación; pero se considera que los únicos costos que tienen que afrontar para el acceso al aeropuerto son los de las cuotas tanto de la vías de acceso, como del servicio de estacionamiento, en caso de que existan. En general, el viaje resulta relativamente económico si no se requiere pagar por demasiado tiempo de estacionamiento.

Este modo de transporte puede generar una gran demanda de espacios de estacionamiento en el aeropuerto y la consecuente necesidad de infraestructura. El estacionamiento cerca del edificio de pasajeros suele ser considerablemente caro, y muy significativo si se requiere estacionar el automóvil por períodos largos. Esto puede llevar a algunos usuarios a utilizar espacios de estacionamiento menos cercanos al edificio de pasajeros, con la consecuente incomodidad y aumento del tiempo de acceso. El que los costos de estacionamiento sean muy altos puede provocar que algunos usuarios busquen otros modos de transporte como modos de acceso al aeropuerto. En muchos casos, principalmente en los grandes aeropuertos, esto último es uno de los objetivos de la administración, sin embargo, si este es el caso, debe asegurarse que los servicios que brinden otros modos de acceso sean adecuados a las necesidades de los usuarios para no generar mucha insatisfacción.

Auto rentado

Automóvil arrendado por el pasajero en una agencia dedicada a la prestación de este tipo de servicio la cual puede estar o no situada dentro del aeropuerto. En la mayoría de los casos, los automóviles son rentados por los pasajeros aéreos no residentes en la zona durante la duración de su viaje para resolver sus necesidades de transporte no solo hacia y desde el aeropuerto, sino a lo largo de toda su estancia en el lugar.

Comparten muchas de las ventajas y desventajas de los automóviles particulares, aunque no requieren estacionamiento en el aeropuerto. Su principal atractivo es que ofrecen una gran libertad de movimiento a los usuarios. Los precios pueden ser atractivos en algunos lugares y en algunas épocas del año; aunque suelen ser altos en destinos turísticos en "temporada alta".

Una de sus principales desventajas es que tanto al rentarlo como al devolverlo se requiere realizar ciertos trámites. Además los automóviles generalmente se encuentran en alguna zona cercana al aeropuerto a la que comúnmente la empresa ofrece el servicio de transporte a través de vehículos de cortesía, pero todo esto toma tiempo.

Taxi

Servicio privado "puerta a puerta", en la mayoría de las ocasiones prestado mediante el uso de automóviles con capacidad máxima para 4 ó 5 personas. El costo de este servicio generalmente es calculado mediante el uso de taxímetros, los cuales toman en cuenta tanto el tiempo como la distancia del recorrido. En ocasiones se utilizan tarifas predeterminadas dependiendo de la zona a la que el usuario se dirija. El costo de este servicio casi siempre es por la utilización de todo el vehículo, aunque en ocasiones puede cobrarse tarifas especiales debido a la transportación extra de pasajeros o piezas de equipaje.

El taxi presenta las mismas ventajas de flexibilidad, movimiento directo del origen al destino y un fácil manejo del equipaje que el automóvil particular. Es una alternativa atractiva para quienes no van acompañados al aeropuerto (y no encuentran conveniente dejar su automóvil ahí durante toda la duración de su viaje), para quienes no poseen un automóvil, o para los pasajeros no residentes en la zona (que no esperan ser recogidos por nadie).

En el caso de algunas ciudades, el usuario puede encontrar un taxi que lo lleve al aeropuerto en casi cualquier parte de ésta, sin embargo, algunos aeropuertos no permiten la entrada a cualquier tipo de taxi. Además, en el caso de aeropuertos lejanos a la ciudad, suele ser necesario tomar un tramo de alguna carretera para llegar (por lo cual puede tenerse que cubrir una cuota), y los taxis urbanos pueden no tener permiso de hacerlo. En estos casos suele ser necesario llamar por teléfono a una central despachadora de taxis que den servicio al aeropuerto para que envíen uno. En comparación con el automóvil particular,

presenta la ventaja de que el usuario no necesita preocuparse por cuestiones de estacionamiento. Sin embargo, los taxis necesitan ocupar espacios en el área de acceso terrestre del aeropuerto, espacios que suelen tener un alta demanda y que por lo tanto se cobran de alguna manera. Esto hace que los costos de los servicios de taxis del aeropuerto se eleven.

Siendo también un automóvil, comparte muchas de las desventajas de los automóviles particulares, como los congestionamientos viales. Además, en este aspecto, los taxis resultan más problemáticos que los automóviles particulares ya que al viajar una buena parte del tiempo sin pasajeros, su densidad de ocupación es aún menor. Además se pueden generar grandes filas de taxis esperando pasajeros y estorbando en la entrada de los aeropuertos.

Limosinas

Se trata de un servicio privado "puerta a puerta" de tipo muy similar al del taxi pero con un mayor nivel de servicio y también mayores costos. Para brindar este servicio se utilizan automóviles de lujo que suelen tener mayor capacidad tanto para pasajeros, como para equipaje. El costo de este servicio no se suele cobrar por número de pasajeros, y generalmente tampoco se utilizan taxímetros, el precio está predeterminado. Los pasajeros de llegadas pueden solicitar este servicio en el aeropuerto y los de salidas generalmente tienen que hacerlo por teléfono con cierta anticipación. Estos servicios son relativamente comunes en países como Estados Unidos, en donde en algunos aeropuertos, su participación en el mercado del sistema de acceso ha ido en aumento. Esto refleja el creciente interés por parte de un sector de los usuarios de los aeropuertos, por servicios de transporte con un alto nivel de servicio, sin que el disminuir costos sea una prioridad. Sin embargo, en muchos otros países, como México, estos servicios no son comunes.

Camionetas Compartidas

En algunos aeropuertos es muy común encontrar este tipo de servicios, tanto para los pasajeros de llegadas como los de salidas. En el caso de los pasajeros de llegadas, se junta en una camioneta a pasajeros que vayan a distintos lugares dentro de una misma zona y se les da el servicio puerta a puerta. Lo mismo sucede para los pasajeros de salidas, que deben pedir el servicio con cierta anticipación (normalmente un día) y son recogidos en la puerta de su casa u hotel. Cada usuario paga una tarifa individual que normalmente es sensiblemente menor que la que cobraría un taxi, especialmente en lugares donde los taxis del aeropuerto son caros, de tal forma que el precio resulte atractivo no solo para personas que viajen solas sino también para quienes vienen acompañados. El recorrido suele ser de mayor duración que el de un taxi, especialmente para los primeros pasajeros en ser recogidos o los últimos en ser llevados, ya que debido a los demás pasajeros, irá deteniéndose y desviándose un poco de la ruta más directa. Se ayuda a los pasajeros con su equipaje y los conductores suelen dar

cierta información sobre la ciudad. El nivel de servicio es variable pudiendo ser relativamente alto, algunas camionetas son cómodas y se llega a ofrecer algo de beber o incluso de comer. Para los operadores del aeropuerto resulta más conveniente que el sistema de taxis, ya que sus índices de ocupación son considerablemente superiores (5 ó 6 personas en promedio) y por lo tanto requieren de menos espacios para atender a un mismo número de usuarios.

3.2.2.- Autobús

El autobús es el modo de transporte masivo más común en la mayoría de las ciudades del mundo. Existen distintos tipos de autobuses, variando su capacidad, su nivel de servicio y sus tipos de recorrido principalmente. En cuanto a capacidad varían desde los minibuses, en donde pueden viajar un máximo de 20 a 35 pasajeros, (dependiendo también de esto el nivel de servicio); hasta los autobuses articulados que pueden transportar hasta a unas 120 personas.

Autobús Multiparadas del Transporte Público Urbano

Este tipo de servicio tiene una ruta fija a lo largo de una o varias calles de una ciudad, con estaciones o paradas a distancias relativamente cortas. El tener muchas paradas lo hace más flexible para los usuarios comunes, que pueden encontrar paradas relativamente cerca de los puntos de origen y destino de su viaje; pero disminuye la velocidad media del recorrido. Además hay que considerar que los niveles de servicio que normalmente requieren los usuarios del transporte público urbano en sus viajes diarios, están muy por debajo de los que los pasajeros aéreos suelen buscar. Sin embargo, si representan una opción importante para los empleados e incluso para algunos visitantes del aeropuerto, y por lo tanto no pueden dejar de ser tomados en cuenta en el diseño de el sistema de acceso a un aeropuerto.

Autobús Expreso Urbano

Los *autobuses expresos* son aquellos que tienen rutas de recorrido generalmente largas pero con pocas o incluso con ninguna parada intermedia. Suelen presentar una mucho menor frecuencia de recorridos a lo largo de sus rutas, pero sus horarios de salida suelen estar establecidos. Sus rutas suelen presentarse hacia y desde zonas detectadas como de alta concentración de usuarios del aeropuerto. En comparación con los autobuses del transporte público, presentan un mayor nivel de servicio, adecuado a las exigencias de los pasajeros aéreos, ya que el autobús en sí y las rutas, están diseñados pensando en sus necesidades. Las tarifas suelen ser notablemente más altas que las de un autobús del transporte público, pero en comparación con otros servicios de acceso al aeropuerto suelen ser una buena opción, especialmente para quienes viajan

solos, ya en grupos puede ser económicamente más conveniente otro modo de transporte.

Sus desventajas particulares son su relativamente baja frecuencia, además, el limitado número de paradas que tienen hace que solo sea útil para los usuarios que se encuentren dentro de determinada zona, de lo contrario, requerirán de algún modo de transporte adicional para completar su viaje. Otras desventajas comunes con otros medios de transporte es que son susceptibles a los congestionamientos viales, haciendo poco confiable su hora de llegada. Esta cuestión del tráfico llega a ser aún más problemática, si la estación resulta ser un punto de concentración dentro de una zona consideradas como de "alta demanda", atrayendo a ellas incluso a algunos usuarios que no tendrían porque pasar por ahí en su camino al o desde el aeropuerto. En muchos casos se presentan servicios "semi expresos", que en lugar de conectar al aeropuerto con un solo punto dentro de la zona de influencia del aeropuerto lo conectan con dos o tres que se consideren estratégicos para otorgar un servicio de transporte con una mejor distribución.

Autobús Interurbano

Los servicios de autobuses interurbanos normalmente los encontramos en los grandes aeropuertos. Este tipo de aeropuertos generalmente concentran a la mayoría de sus usuarios dentro de una metrópolis, pero en su zona de influencia también se pueden encontrar otras ciudades (normalmente de menor tamaño) que son origen o destino de un número importante de usuarios. Así los autobuses interurbanos conectan a las principales estaciones de autobuses de las ciudades cercanas, directamente con el aeropuerto.

En cuanto a su nivel de servicio, éste puede ser variable, pero por lo general es relativamente alto, y sus precios suelen ser bajos en comparación con otros tipos de servicio interurbano de pasajeros. Su frecuencia puede ser también relativamente alta, otra vez, en comparación con otros servicios de transporte interurbano. Su principal desventaja en comparación con otros modos de transporte interurbano como los trenes de alta velocidad o los aviones, puede ser su velocidad, pero en corredores no muy largos (menores a los 300 km) éstos no son suelen tener una muy fuerte presencia.

Vehículos de Cortesía

Este servicio no es necesariamente provisto por autobuses, existen varios vehículos que pueden ser utilizados, los cuales pueden ser automóviles, camionetas, minibuses, o autobuses. Estos servicios se caracterizan por presentar un servicio "puerta a puerta", y generalmente son ofrecidos por parte de hoteles, agencias de viaje, o centros de negocios. Suelen ser de gran conveniencia para los usuarios debido a que es un servicio directo y su utilización normalmente no presenta ninguna dificultad (como podría ser el idioma o el desconocimiento de la ciudad y el funcionamiento de sus sistemas de transporte)

para los usuarios. También pueden ser prestados por agencias de renta de automóviles que se encuentren a cierta distancia del aeropuerto para transportar a sus clientes. Sin embargo, en este caso no se trata realmente de un servicio "puerta a puerta", es simplemente un servicio de enlace entre el aeropuerto y la agencia.

Al ser de cortesía, este tipo de servicio de transportación generalmente no representa un gasto adicional para los usuarios, va incluido dentro de alguno de los servicios contratados por ellos. La densidad de ocupación suele ser alta y no tiene paradas continuas, por lo que no representa un problema para el tránsito local. Sin embargo, no representa tampoco una gran oportunidad de solución a los problemas de acceso a un aeropuerto ya que el porcentaje de usuarios del aeropuerto que pueden contar con este tipo de servicios es potencialmente bajo.

3.2.3.- Ferrocarril

Los trenes en general ofrecen la ventaja de ser transportes masivos, con derecho de vía exclusivo, seguros, de una alta confiabilidad en cuanto a tiempos de recorrido, eficientes al poder programar sus viajes de la manera más conveniente y de un nivel de servicio en general, adecuado a las necesidades de los pasajeros del transporte aéreo. En muchos casos, incluyendo el del viaje al aeropuerto, su principal desventaja es que difícilmente pueden completar un viaje "puerta a puerta", necesitando complementarse con otros modos de transporte en estaciones dentro de la ciudad. El servicio ferroviario que mayor cobertura tiene sobre las zonas urbanas, y que por ende es el que más cerca está de poder ofrecer un servicio puerta a puerta, es el tren metropolitano (metro), pero es también el que menor nivel de servicio suele ofrecer a los pasajeros aéreos.

Desde el punto de vista del nivel de servicio ya no dentro del tren sino en el aeropuerto, si los usuarios tienen que transportar su propio equipaje subiendo y bajando escaleras, atravesando grandes distancias o estando a la intemperie, se puede generar una gran incomodidad. Si el servicio ferroviario tiene una baja frecuencia, los tiempos de espera aumentan y así el sistema se puede volver poco atractivo para los usuarios. Por otro lado si se busca que haya una alta frecuencia pero los volúmenes de pasajeros transportados no son suficientes, habrá pérdidas económicas y el área probablemente requerirá subsidios, lo cual no es conveniente en la administración de un aeropuerto.

Sistemas de Trenes Convencionales con Servicios Compartidos

Los trenes convencionales por lo general prestan servicios regionales, ya que en los servicios de larga distancia, hoy en día son muy poco competitivos. En general, la participación de los trenes convencionales en el movimiento interurbano de pasajeros ha ido disminuyendo a nivel mundial, ya desde hace tiempo. En casos como el de México, los servicios de este tipo de trenes prácticamente han dejado de prestarse.

Por lo general, la infraestructura de este tipo de acceso consta de una relativamente corta línea ferroviaria que conecta al aeropuerto con la red ya existente y, por supuesto, la estación ferroviaria dentro del aeropuerto. Bajo estas condiciones, las conexiones ferroviarias no suelen ser demasiado caras. Cuenta con el derecho de vía exclusivo y en cuanto al tiempo de recorrido es sumamente confiable. En comparación con el metro, tiene la ventaja de que no se detiene en muchas estaciones, con lo cual su velocidad media es mucho mayor. El nivel de servicio es también más alto, pudiendo ser del mismo nivel que el que ofrecen las aeronaves. En general satisface todas las necesidades de los viajeros porque está pensado principalmente para ellos. Para el aeropuerto puede ser útil contar con este tipo de sistemas para conectarse con ciudades cercanas en donde se genere una demanda considerable. Sin embargo, este tipo de servicios ferroviarios puede encontrar gran competencia por parte de sistemas de autobuses.

Entre sus desventajas encontramos que no ofrecen recorridos con tanta frecuencia como el metro, haciendo que los usuarios generalmente tengan que esperar un poco para salir del aeropuerto o llegar con mayor anticipación de la necesaria.

Trenes de Alta Velocidad

La aparición de los trenes de alta velocidad revitalizó al transporte ferroviario de pasajeros, permitiendo que alcanzara una vez más una participación importante en el movimiento interurbano de pasajeros. Por un lado los trenes de alta velocidad con servicios de larga distancia pueden ampliar la zona de influencia del aeropuerto, al volverse más atractivo el acceso terrestre al aeropuerto para usuarios que se encuentran en zonas relativamente lejanas. Pero para los servicios ferroviarios exclusivos desde puntos estratégicos dentro de la ciudad hasta el aeropuerto (que puede estar a distancias de 30 km o más), la alta velocidad también puede ser un atributo muy valioso. Hoy en día, el acceso a algunos aeropuertos requiere de tiempos de acceso superiores a una hora desde los puntos más importantes de la ciudad. Si un servicio ferroviario puede recorrer esta distancia en quince minutos, por decir algo, puede atraer a muchos usuarios, aún cuando el servicio no sea puerta a puerta.

Entre sus desventajas encontramos que se requieren inversiones sumamente elevadas para poner en marcha un sistema de estas características, ya que no solo se trata de los trenes en sí (material rodante), sino de todas las especificaciones que requieren las vías y el sistema ferroviario en general.

En el caso de servicios de larga distancia, la red debe estar ya desarrollada en la región, la inversión por parte del aeropuerto tan solo sería la de la estación ferroviaria en el aeropuerto y probablemente la de algún tramo de vía férrea que conecte al aeropuerto con la red existente. Pero parte de lo revolucionario de los servicios de larga distancia a través de trenes de alta velocidad en cuanto a

modalidad de acceso a un aeropuerto, es que rebasan este concepto. Al poder competir con el transporte aéreo en vuelos cortos, logran desviar parte del tráfico aéreo, haciendo que quienes antes eran pasajeros en tránsito, con un vuelo de llegada o salida corto, ahora sean pasajeros de llegadas o salidas que utilizan los servicios ferroviarios de larga distancia como modo de acceso al aeropuerto.

Por ejemplo, el aeropuerto de Frankfurt al inaugurar en 1999 una nueva terminal ferroviaria para viajes de larga distancia (larga en términos ferroviarios) consiguió, al tiempo que su demanda general seguía creciendo año con año, reducir en un 1.4% sus movimientos aéreos para vuelos considerados de corta distancia con respecto al año anterior, y mantenerla constante en el año 2000. Con este alivio en cuanto al crecimiento de la demanda de vuelos cortos, logró enfocarse en el crecimiento de la demanda de vuelos intercontinentales o simplemente largos.

Sistemas de Trenes Exclusivos

Estos sistemas conectan al aeropuerto uno o algunos puntos de interés dentro de la zona de influencia del aeropuerto, siendo sistemas desarrollados para el uso exclusivo de los usuarios del aeropuerto

En ocasiones, no es posible poner en marcha este tipo de sistemas simplemente con la construcción de una estación en el aeropuerto y una conexión ferroviaria con la red ya existente. En ocasiones es necesario construir una vía para el uso exclusivo de estos trenes, lo cual puede representar una gran desventaja. Esto no se debe tanto a la longitud de las vías a construir, sino por la cuestión de los derechos de paso, que en zonas urbana pueden ser muy complicados de conseguir, llevando en ocasiones a tener que construir vías elevadas o subterráneas, aumentando así los costos. Es conveniente que este tipo de servicios ferroviarios se conecten con algunas de las estaciones de transporte público más importantes dentro de la zona de influencia, para así tener una ubicación estratégica una buena interconectividad con los sistemas de transporte público locales.

Metro

Como se ha dicho, su principal ventaja sobre otros servicios ferroviarios es su densa cobertura de las áreas metropolitanas (mejor distribución de los usuarios). Aunque su velocidad potencial suele ser un poco menor a la de un automóvil, su velocidad media termina siendo mayor en la mayoría de los casos ya que no tiene problemas de congestionamientos. Esto le da mucho mayor confiabilidad en cuanto al tiempo de recorrido. Otra de sus ventajas es su gran capacidad, ya que cada tren puede transportar hasta a unas 2,000 personas y debido a la gran cantidad de puertas que tiene, estas pueden bajar y subir de forma relativamente rápida, siendo así las paradas relativamente cortas. Además su frecuencia es alta ya que pueden pasar unos 30 ó 40 trenes por hora; y si la red del metro es amplia, se puede contar con cientos de estaciones a lo largo y ancho

de la ciudad. Además suele ser uno de los modos de transporte de menor precio para los usuarios (sin embargo, esto no siempre es una prioridad para los usuarios del aeropuerto).

Al ser comparado con otros modos de transporte público urbano, una de sus mayores desventajas es el alto costo que implica su construcción e instalación, sobretodo cuando las vías son subterráneas; aunque estas inversiones muchas veces no corren por cuenta de la administración del aeropuerto. Se requiere de una estación en el aeropuerto, de preferencia con un acceso directo al edificio de pasajeros. Es importante reducir las distancias y proteger de la intemperie. Si el aeropuerto está lejos de la ciudad, es probable que la cobertura de la red del metro de la ciudad no llegue hasta allá, requiriendo de algún enlace especial.

La mayoría de los trenes de metro se detienen en todas las estaciones, haciendo el recorrido más lento. A horas pico las vías del metro no se congestionan, pero el espacio dentro de los vagones sí, disminuyendo mucho el nivel de servicio en cuanto a comodidad se refiere. Por esta última razón el metro por lo general no es una opción para los viajeros con equipaje o gente discapacitada, pero sí es una importante alternativa para empleados del aeropuerto y algunos visitantes principalmente.

Para el éxito de estos sistemas en el aeropuerto, también es muy importante estar conectado directamente con la o las líneas que más puedan ayudar a distribuir a los usuarios de forma directa, es decir, que reduzcan el número de transbordos necesarios para que lleguen a su destino. Aun cuando exista una conexión a través de la red del metro con las zonas de mayor interés para los usuarios del aeropuerto, si ésta es muy poco directa, muchos usuarios no la considerarán.

Capítulo 4

Análisis del Transporte Ferroviario

La actividad del ferrocarril, como sistema, esta relacionada con el resto de los sistemas de transporte. Esta interacción le hace estar expuesto a amenazas y oportunidades. La acción de los sistemas de transporte exógenos gravita sobre él, y modifican su circunstancia de forma constante. A su vez el ferrocarril, a través de sus fortalezas y debilidades, genera oportunidades y amenazas para el desarrollo de los demás sistemas de transporte. Estas fuerzas de interrelación pueden ir paulatinamente marginando de un mercado, a cualquier sistema de transporte que no ofrezca ventajas atractivas ante las distintas problemáticas que se estén presentando en la realidad. En la planeación de sistemas de transporte debe buscarse la integración de los distintos modos de transporte con sus distintas características (fortalezas y debilidades) para ofrecer sistemas globales que atiendan las necesidades de los distintos tipos de usuarios.

Entonces vale la pena aquí repetir lo que se ha anotado sobre el ferrocarril en el capítulo anterior, en referencia a que ofrecen la ventaja de ser transportes masivos, con derecho de vía exclusivo, seguros, confiables en cuanto a sus tiempos de recorrido, y eficientes al poder programar sus viajes de la manera más conveniente. Su nivel de servicio puede ser muy variable, pero en general llega a resultar adecuado para las necesidades de gran parte de los pasajeros del transporte aéreo. También mencionamos que una de sus principales desventajas es la de ser un modo de transporte que por sus características, no puede completar los trayectos 'puerta a puerta' de sus pasajeros, razón por la que necesita siempre del complemento de otros modos de transporte en las estaciones ferroviarias. En el caso del ferrocarril como modo de acceso al aeropuerto, estas estaciones ferroviarias deben estar claramente mejor situadas que el aeropuerto con respecto al origen o destino final del viaje de los usuarios del aeropuerto, de lo contrario, el recorrido a través de este modo no resultaría atractivo para ellos.

En cuanto al transporte de pasajeros, una estación ferroviaria suele definirse como el punto de transferencia entre el ferrocarril y el desarrollo urbano en cuya zona de influencia ésta está situada; es decir, como unidad de transbordo entre el ferrocarril y los distintos modos complementarios de transporte tanto de dispersión como de concentración en ella. Pero también se puede tratar de una unidad de transbordo entre distintos sistemas ferroviarios.

4.1.- Orígenes del Transporte Ferroviario.

En 1825, la máquina de vapor de Stephenson de 30 hp en Inglaterra recorrió los 40 km entre Stockton y Darlington con 100 toneladas de carga y 450 pasajeros, a una velocidad promedio de 20 km/h, algo sensacional en aquel entonces. El concepto básico del ferrocarril, un vehículo cuya tracción se basa en el principio de adherencia acero-acero y del guiado; puede considerarse como uno de los inventos más importantes de la historia moderna, y como tal ha tenido una

inmensa proyección sobre el mundo. Desde su aparición en el ámbito del transporte, su trascendencia ha sido extraordinaria, abriendo posibilidades para la actividad humana que hasta entonces pocos habrían podido imaginar.

Con la incorporación del ferrocarril, las naciones lograron acelerar notablemente sus ritmos de desarrollo, al superar las muchas limitaciones que presentaban los modos de transporte terrestre que hasta entonces se utilizaban. Así, en un principio el ferrocarril prácticamente no encontró competencia por parte de otros modos de transporte, ni en el ámbito del transporte de carga, ni en el de pasajeros; llegando a ser, solo en algunos casos, ligeramente presionado por las vías de navegación.

En la siguiente tabla se indican los años de inauguración de las primeras líneas ferroviarias en distintos países, siendo algunas de ellas tan solo tramos de lo que posteriormente serían corredores más amplios.

Pais	Primera Línea Construida	Año de Inauguración
Inglaterra	Stockton - Darlington	1825
	Liverpool - Manchester	1830
Estados Unidos	Ferrocarril de Carolina del Sur	1830
Francia	St Etienne - Rio Loira	1832
	St Etienne - Lyon	1832
Alemania	Nuremburg - Furth	1835
Bélgica	Bruselas - Malinas	1835
Rusia	Pavlosk - Tsarskoye Selo	1836
Cuba	La Habana - Güines	1837
Austria	Viena - Florisdorf - Deutsch Wagram	1838
Holanda	Amsterdam - Harlem	1839
Italia	Nápoles - Portizi	1839
Polonia	Breslau - Brzeg	1842
España	Barcelona - Mataró	1845
Dinamarca	Copenhague - Roskilde	1847
Brasil	Ferrocarril de Maná	1850
México	Veracruz - El Molino	1850
Chile	Ferrocarril de Copiapó	1850
Perú	Lima - El Callao	1851
Canadá	Pórtland - Montreal	1853
India	Bombay - Tana	1853
Colombia	Aspinwall - Panamá (Colón)	1855
Egipto	El Cairo - Alejandría	1856
Argentina	Buenos Aires - Suroeste	1857
Japón	Tokio - Yokohama	1872
China	Shangai - Kunawam	1876

Tabla 4.1 - Primeras Líneas Construidas en distintos Países del Mundo²⁸

²⁸ Fuente: Enciclopedia de México. Ferrocarriles. Cuadro 5

Fue hace aproximadamente cien años que se presentó la era de la construcción de las grandes estaciones de ferrocarril en Europa, comenzando así la época del transporte masivo. Hoy en día, el sistema ferroviario es objeto de cambios fundamentales tanto en lo que se refiere a la tecnología de los trenes y vías, como en la concepción de las mismas estaciones ferroviarias. Los nuevos proyectos buscan desarrollar al ferrocarril de acuerdo a principios de funcionalidad y capaces de generar capital atrayendo al comercio a las zonas donde se encuentran o se construyen las estaciones.

4.2.- Tipos de Sistemas Ferroviarios de Pasajeros y Servicios.

En primera instancia podemos dividir a los servicios ferroviarios en dos tipos, los urbanos y los interurbanos. Pero para ser suficientemente precisos, a los servicios urbanos se les puede dividir a su vez en metropolitano y suburbano; y al interurbano en regional y larga distancia, ya que resulta importante distinguir sus características.

Así se hablará de cuatro tipos de sistemas, cada uno con su propio tipo de corredor caracterizado por sus longitudes:

- | | |
|-------------------|---------------------------------|
| - Metropolitano | <i>dentro de la zona urbana</i> |
| - Suburbano | 30 a 75 km |
| - Regional | 60 a 300 km |
| - Larga Distancia | 300 a 1,500 km |

Los sistemas de trenes metropolitanos se caracterizan por ser los corredores de menor longitud individual (a nivel sistema, una red de metro puede tener más kilómetros de líneas que un sistema de tren suburbano). Cubren áreas relativamente pequeñas, pero son los que lo hacen de forma más densa, ya que sus estaciones están a distancias relativamente cortas unas de otras.

En el otro extremo encontramos a los servicios de larga distancia, que son los que cuentan con los corredores más largos, y cuyas redes cubren las mayores áreas, pudiendo ser de países enteros o incluso conjuntos de varios países. Sus estaciones se separan varios cientos o hasta miles de kilómetros entre sí.

Debido a sus variadas características, los distintos sistemas ferroviarios no solo tienen la necesidad de interconectarse con otros modos de transporte, también deben interconectarse entre sí. De esta forma algunas estaciones ferroviarias deben ser también puntos de intercambio entre los distintos tipos de sistemas ferroviarios.

4.2.1.- Sistemas Ferroviarios Urbanos de Pasajeros.

Como se menciona, aquí se agrupan los servicios metropolitanos y suburbanos. Las principales características generales de los sistemas ferroviarios urbanos son las siguientes:

- Recorridos generalmente menores a 75 Km.
- Muy sensible al factor del costo ya que muchos usuarios los utilizan diariamente de ida y vuelta.
- También es muy sensible a la cuestión de correspondencia entre modos. Para poblaciones de altos niveles adquisitivos el costo puede no ser tan importante, pero el factor de correspondencia entre modos siempre será crítico.
- El tiempo de espera en las estaciones debe ser corto, su valor medio es igual al 50% del intervalo entre servicios. Esto implica el contar con una elevada frecuencia del servicio.
- Los servicios requeridos de atención al pasajero generalmente son sencillos, ya que la mayoría son usuarios frecuentes y conocen bien al sistema. De cualquier forma, el contar con información clara en las estaciones es siempre primordial.
- Los patrones del tránsito de pasajeros se caracterizan por grandes picos y profundos valles, tanto en intervalos diarios como semanales, pero resultan muy predecibles.

Sistemas Metropolitanos.

Se presentan generalmente en grandes ciudades o conurbaciones en las cuales, la necesidad de movimiento de las personas es muy variada tanto cualitativa como cuantitativamente. Algunas de sus características son:

- Se requieren muchos puntos de parada para obtener una cobertura densa de las áreas de mayor actividad en la ciudad. El objetivo es reducir en el mayor grado posible la necesidad de modos de transporte complementarios. Se busca que gran parte de los usuarios puedan completar su viaje caminando, lo cual implica evidentemente que las distancias sean cortas.
- Como mencionamos para los servicios ferroviarios urbanos en general, la frecuencia de servicio debe ser muy elevada para que los tiempos de espera en las estaciones sean mínimos. Esto es más importante en los sistemas metropolitanos que en los suburbanos.
- Requiere un eficiente sistema de venta de boletos, que resulte muy práctico para los usuarios.
- Los tiempos de recorrido en este modo de transporte por lo general no deben sobrepasar los 45 minutos.
- Los pasajeros no suelen llevar equipaje, tan solo bolsas, mochilas o portafolios.

La motivación de desplazamientos en los transportes urbanos es muy variable y depende de diversos factores como: el nivel de desarrollo del país, las características sociales de la comunidad y de la región, las características geográficas y climatológicas, etc.; lo cual evidentemente debe siempre ser tomado en cuenta.

Sistemas Suburbanos.

Pueden definirse aquellos encargados del movimiento de personas en el interior de la conurbación desde sus unidades residenciales o dormitorio hacia el área central de una ciudad o viceversa.

Comparte muchas de las características del metropolitano excepto por:

- Los tiempos máximos de recorrido se consideran de 45 a 60 minutos.
- En caso de que los sistemas suburbanos no ofrezcan una frecuencia de servicio elevada, los horarios deben ser cadenciados. El pasajero aprecia mucho que en cada estación existan horarios fácilmente memorizables (cada media hora, cada cuarto de hora, etc.).
- Es muy importante contar con una oferta suficiente de estacionamientos a precios razonables para atraer a usuarios que complementen su viaje con un automóvil particular. En algunos lugares los propietarios de un automóvil particular pueden mostrar poco interés en utilizar el transporte público. Además de ofrecer claras ventajas en cuanto a tiempos de viaje, el nivel de servicio debe ser adecuado.
- El servicio de venta de boletos es también un factor muy importante, debe ser lo más simple y ágil posible, ofreciendo distintas opciones prácticas para los distintos tipos de usuarios.

Generalmente el motivo de desplazamiento más relevante en este tipo de transporte es el de trabajo, desde zonas lejanas al área central de la ciudad. En algunas ciudades, otras actividades como: compras, estudios, visitas médicas, etc; pueden ser motivos importantes de desplazamiento, debido a la centralización de estas actividades.

Igualmente, podemos encontrar en los patrones anuales, algunos picos importantes; especialmente en el caso de ciudades cercanas a puntos de atracción para el turismo regional como playas o áreas de descanso; ciudades con festivales o mercados importantes; ciudades donde se lleven a cabo espectáculos deportivos, musicales, religiosos etc. que atraigan a gente de toda la región; y cualquier otra cuestión de este tipo. En algunos de estos casos, puede llegar a ser considerable el equipaje que lleven los pasajeros.

4.2.2.- Sistemas Ferroviarios Interurbanos de Pasajeros.

Primero se mencionará a los dos tipos de sistemas en que se subdividen los sistemas interurbanos y luego de los distintos tipos de servicios que se suelen presentar.

4.2.2.1.- Tipos de Sistemas Ferroviarios Interurbanos.

Sistemas Regionales.

El movimiento regional de pasajeros es aquel que se genera ya en una zona de mayor tamaño a una conurbación, en estas regiones pueden existir varias ciudades importantes.

Las principales características de este tipo de sistemas son:

- Recorridos con distancias entre 60 y 300 km.
- La sensibilidad al factor costo es proporcional a la tasa de propiedad de automóviles, e inversamente proporcional al nivel económico de la región. Resulta obvio por un lado que los usuarios sean menos sensibles al factor costo en una región con un nivel económico alto; pero además, mientras más bajo sea el índice de propiedad de automóviles, menos sensible serán los usuarios, ya que varios de ellos no siempre tendrán la opción de utilizar el automóvil.
- Importante sensibilidad de la demanda a la velocidad media del transporte, ya que esta puede ser la principal ventaja competitiva sobre el automóvil particular. Esto implica que las estaciones estén bien ubicadas y que el paso de los pasajeros a través de ellas sea ágil, pero por la distancia entre las ciudades, las velocidades de recorrido no suelen ser mayores a los 160 km/h.
- Mientras más alto sea el nivel económico de la región, mayor será la sensibilidad de la demanda a la comodidad, (en términos más generales a la calidad del servicio), tanto dentro del tren como en las estaciones.
- Preferencia por los horarios cadenciados (como ya se ha indicado).
- La cantidad de equipaje que transportan los pasajeros, puede variar mucho dependiendo del motivo del desplazamiento, distancia del recorrido, características sociales, etc.
- Exigencia variable, en función de las características socioeconómicas de los usuarios, en cuanto a servicios de atención al viajero como estacionamientos, instalaciones como cafeterías y librerías, señalización, limpieza tanto de trenes como de las estaciones y sus alrededores, medios mecánicos para el movimiento de personas, etc.
- Debe buscarse el mínimo número de transbordos y la agilización de éstos; tanto en los intercambios entre distintos trenes, como en el caso intercambios con otros modos de transporte.

Sistemas de Larga Distancia.

Las características principales de este tipo de sistemas son:

- Recorridos de 300 a 900 km. Se toma la distancia máxima de 800 - 900 km ya que se considera que a partir de esta distancia el tren no puede competir con el transporte aéreo. Esta consideración siempre tiene un rango de subjetividad y puede variar al cambiar tanto las características tecnológicas de los modos de transporte, como los procesos dentro de las estaciones.
- Alta sensibilidad de la demanda a factores como la comodidad, la velocidad promedio y la seguridad.
- Exigencia de varios servicios complementarios como transporte de equipaje, restaurantes tanto en estaciones como dentro del tren, zonas comerciales en las terminales, camas en el tren para el servicio nocturno, etc.
- Fuertes picos estacionales con motivo de festividades tradicionales o periodos vacacionales.

La demanda de larga distancia puede presentar características particulares dependiendo del lugar del que se trate. Pero de forma general se puede clasificar en los siguientes dos tipos: Demanda de servicios de 1ra clase y demanda de transporte masivo.

4.2.2.2.- Tipos de Servicios Ferroviarios Interurbanos de Pasajeros

Los servicios de transporte interurbano agrupan tanto a los servicios ferroviarios regionales como a los de larga distancia. Comparten entre sí los siguientes tipos de servicios:

Servicios de Primera Clase

Para este tipo de usuarios, son importantes la velocidad promedio (el tiempo real de viaje), la comodidad, la seguridad, la regularidad y la fiabilidad en la obtención de un lugar. El factor costo no lo es tanto, estando éste fijado por la calidad del servicio y teniendo como referencia el precio del transporte aéreo. Las variantes que se presentan son:

Tránsito Diurno

Es la demanda generada por la necesidad de desplazamiento de personas entre ciudades importantes, los motivos del viaje suelen ser negocios, compras y recreo. Los horarios de mayor demanda suelen darse en las horas pico, que son, a primera hora de la mañana, a medio día, y en la noche. Suele presentarse entre ciudades separadas por distancias que puedan recorrerse entre tres y seis horas como máximo.

Tránsito Nocturno.

Los motivos de viaje suelen ser también negocios, compras y recreo; pero se presenta entre ciudades separadas aproximadamente entre 500 y 1,500 km; aunque más que de la distancia importa el tiempo de recorrido. Así, el factor velocidad incrementa su importancia al aumentar las distancias, ya que estos viajes suelen tener duraciones de entre ocho y doce horas. El pasajero encuentra como ventaja el ahorro en los gastos de alojamiento, aunque es necesario proporcionar el servicio de "carros dormitorio", siendo de esta forma la comodidad es su exigencia principal. Esta demanda es muy sensible al costo y calidad del servicio con relación al transporte aéreo.

Servicio de Demanda Masiva.

La demanda masiva interciudades está motivada generalmente por el turismo y algunas actividades sociales masivas. Los factores más importantes para este tipo de usuarios son el costo y la fiabilidad de encontrar lugar, quedando relegados a un segundo plano el resto de los niveles de calidad importantes para el servicio de 1ra clase. Esta demanda presenta grandes picos en épocas particulares del año, lo cual obliga al ferrocarril a mantener una capacidad de reserva muy importante. En muchos países, este tipo de tránsito que se encauza a través del ferrocarril por razones políticas y costumbres sociales, pero en realidad no resulta muy adecuado debido a la dificultad del ferrocarril para adaptarse a una demanda tan cambiante e imprevisible.

4.3.- Capacidad de las Líneas Ferroviarias

La capacidad de una línea ferroviaria está determinada básicamente por dos aspectos:

- Infraestructura en líneas y estaciones.
- Características del material rodante (locomotoras y carros)

Normalmente se estudia la capacidad en función de la infraestructura de líneas y estaciones, ya que son estas las que mayor inversión requieren y más dificultades presentan al construirse y expandirse. Es decir, si en un momento dado, por decir algo, se requiriera duplicar la capacidad de un sistema, en general sería más fácil duplicar el material rodante, que duplicar la capacidad asociada a la infraestructura de líneas y estaciones. Sin embargo, es necesario estar conciente en todo momento de que los dos grupos de elementos están en juego.

En general se entiende por capacidad de una línea al número máximo de operaciones de tráfico que es posible realizar en ella durante un período de tiempo, y dependerá en gran parte del sistema de explotación que se adopte. Por otro lado, mientras más se acerque una línea al límite de su capacidad, más probable será que se presenten perturbaciones durante el desarrollo normal del

tráfico. Esto último relaciona entonces al grado de explotación de una línea con el nivel de servicio que se da a los usuarios.

Siendo más preciso, se definen dos tipos de capacidad para una línea:

Capacidad de Circulación: Es el número máximo de trenes que pueden circular por una línea, en un intervalo determinado de tiempo, bajo determinadas condiciones de explotación.

Capacidad de Transporte: Es el número de pasajeros o toneladas de carga máximas que pueden transportarse en una línea, en un intervalo determinado de tiempo, bajo ciertas condiciones de explotación. La capacidad de transporte es entonces un producto tanto de la capacidad de circulación de la línea como de la capacidad del material rodante.

Se puede entonces aumentar la capacidad de transporte de una línea sin aumentar su capacidad de circulación cambiando las características en cuanto a la capacidad del material rodante.

Pero la determinación de la capacidad de una línea no significa gran cosa sino va referida a las condiciones realmente existentes. Estas condiciones pueden dividirse en los siguientes cinco grupos:

- Condiciones Ambientales: Se refiere a la influencia de los agentes meteorológicos y en general condiciones del entorno físico en el que se desarrollan los procesos de circulación de trenes.
- Valores Físicos de la Línea: Comprende en su más amplio sentido a la ingeniería civil y las instalaciones. Estas condiciones pueden considerarse fijas al menos que se realicen nuevas construcciones o renovaciones en la infraestructura de la línea.
- Características del Material Rodante: Caracterizan la dotación del parque vehicular.
- Procesos del Tránsito: Entre estas condiciones están los niveles de velocidad que se establezcan (es importante debido a las diferencias de velocidad entre distintos tipos de trenes), niveles de seguridad, etc.
- Nivel de Regularidad Conseguido: Está estrechamente relacionado con el método de explotación que se adopte y es fundamental en la explotación ferroviaria.

Capacidad Máxima Teórica.

Es el número máximo de trenes que pueden ser encaminados a través de la línea en cuestión, bajo condiciones ideales. La probabilidad de poder operar con

este nivel de capacidad durante un intervalo de tiempo es inversamente proporcional a la magnitud del intervalo. Es decir, puede pensarse en llegar a operar a este nivel o a uno cercano, durante períodos relativamente cortos, pero esperar poder operar a esta capacidad durante períodos largos, o más aún, de forma constante, resulta imposible.

Capacidad Técnica Real.

Es posible partir de la definición de la capacidad máxima teórica, pero considerando ahora no a las condiciones ideales sino a las reales, tomando en cuenta todas las limitaciones impuestas tanto por el entorno físico, como por los procedimientos técnicos de operación, mantenimiento, e incidentes.

Capacidad Económica Global.

Es la capacidad que representa a la mejor opción económica para la empresa ferroviaria. El tener líneas subutilizadas evidentemente no otorga el mayor beneficio económico posible al explotador de ésta. Sin embargo, por el otro lado, se tiene que al congestionar una línea tiende a aumentar la probabilidad de retrasos y de accidentes. El que estas probabilidades no aumenten más allá de lo permisible implica él tener que utilizar sistemas de mantenimiento, control y seguridad mucho más complicados y costosos, lo cual puede hacer perder productividad a la explotación de una línea.

Grado de Utilización.

Se define como el coeficiente entre el nivel de circulación real en un período determinado y la capacidad máxima teórica, generalmente expresada en porcentaje. Al no ser constante la demanda a través del tiempo, podemos hablar de distintos valores de grado de utilización anual, mensual, diaria, etc.

Basándose en la experiencia se puede decir que para la cuestión de fluidez de una línea, los valores óptimos para el grado de utilización van del 30 al 60% (figura 4.0). Al rebasarse el grado de utilización diario del 60%, generalmente se llegan a alcanzar grados de utilización cercanos o superiores a un 90% durante las horas de máxima demanda. Los valores entre el 60 y el 75% de utilización diaria son aquellos que suelen presentarse al obtener la máxima productividad económica. Al presentarse valores superiores al 75% en la utilización diaria, la línea presenta una clara saturación durante las horas de mayor demanda y es muy vulnerable a retrasos al presentarse cualquier contingencia con efectos acumulativos al tener un muy bajo margen de maniobrabilidad. Al rebasarse este 75% la línea entra en lo que se conoce como zona de atención a corto plazo, lo cual precisa de acciones inmediatas para aumentar su capacidad.

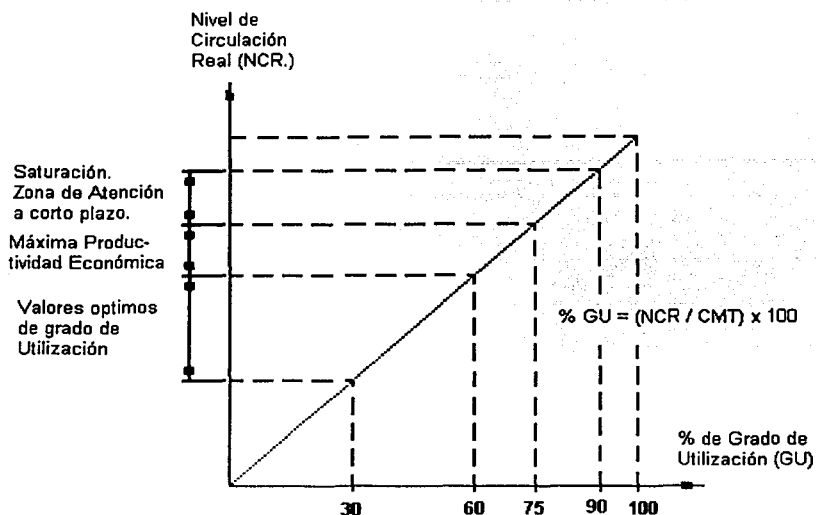


Figura 4.0. - Niveles de Circulación según el Grado de Circulación²⁹

Sin embargo, estos criterios no son definitivos, ya que la evolución de los sistemas tecnológicos tiene como objetivo, no solo permitir el aumento de la capacidad de la infraestructura ferroviaria, sino también el hacer posible la operación de esta infraestructura con altos grados de congestión, sin sacrificar el nivel de servicio a los usuarios y aumentando al mismo tiempo, la productividad económica de estos sistemas.

Algunos Elementos Asociados a la Capacidad son los siguientes:

Seguridad.

Sistemas de Bloqueo: En caso de un percance en la línea, los trenes deben frenar. Si su separación fuera igual a su distancia de frenado, al ocurrir un percance, el siguiente tren tendría que comenzar a frenar de forma inmediata. Dado a que la mayoría de los sistemas de bloqueo no actúan de forma inmediata, y además el que de cualquier forma se requiera un margen de seguridad; la separación entre trenes debe ser mayor a su simple distancia de frenado. El que tan mayor sea esta separación, depende del sistema de bloqueo en la línea y a los márgenes de seguridad de su operación. Los más avanzados sistemas de bloqueo permiten disminuir la separación de los trenes aumentando la capacidad de la línea.

²⁹ Fuente: Elaboración propia basado en los parámetros presentados en Tratado de Explotación de Ferrocarriles, Tomo I - Planificación. OLIVEROS Rives, Fernando. Editorial Rueda. 1983

Comunicaciones: Un sistema rápido y fiable facilita el desarrollo de la circulación y ayuda a reajustar las perturbaciones y desajustes que se presenten durante la operación de una línea. Un buen sistema de comunicaciones ayuda a aumentar la capacidad técnica real de una línea.

Estado de Conservación de la Vía: Una vía en mal estado disminuye la capacidad técnica real de una línea durante su operación, además de aumentar la frecuencia con la que se presentan percances.

Pasos a nivel: En la intersección del ferrocarril con otras vías de transporte se crean nodos que requieren la operación de algún sistema de seguridad para evitar accidentes. Estos pasos a nivel suelen reducir la capacidad de la línea, debido a que se deben ceder tiempos de circulación a otros modos de transporte y aumentan el riesgo de accidentes.

Velocidad.

En general, al aumentar la velocidad de los trenes que circulan a través de una línea aumenta la capacidad de ésta, pero existe un fenómeno importante a considerar. Los trenes tienen que estar separados entre sí, por una distancia que les permita frenar en caso de un percance. La distancia de frenado de un tren es función de su peso, su velocidad y su sistema de frenado. Entonces como consecuencia del aumento de la velocidad de un tren, aumenta también su distancia de frenado D , es decir que en distancia, los trenes tendrán que estar más separados entre sí. Si la distancia de frenado llega a aumentar en mayor proporción que la velocidad, la frecuencia disminuirá (dado que el tiempo "t" será igual a la relación de la distancia "d" entre la velocidad "v", ' $t = d / v$ '), y por ende, la capacidad de la línea.

En un principio al aumentar la velocidad, las distancias de frenado también aumentan pero lo hacen más lentamente que la velocidad. En estos casos, al aumentar la velocidad el cociente 'd / v' disminuye, aumentando entonces la capacidad de la línea, debido al aumento de la velocidad de los trenes y al pequeño aumento en la distancia de frenado. Pero dado un sistema de frenado, se puede alcanzar un valor crítico de la velocidad, para el cual al seguir aumentando, la distancia de frenado empieza a crecer de forma más rápida, y por lo tanto el cociente 'd / v' aumente, disminuyendo la frecuencia de los trenes debido al aumento de la distancia de frenado, y por lo tanto, la capacidad de la línea.

Fluencia y el Fenómeno de Supresión.

El problema fundamental de movilidad o fluencia a lo largo de una línea consiste en que al coexistir trenes de distintos tipos de velocidad, se presenta una

interacción perturbadora del desarrollo de la circulación. Así, cuando en una línea en la cual circulan trenes de cierta velocidad, se introduce un tren de mayor velocidad, se reduce de forma importante la capacidad de la línea. Lo mismo sucede si se introduce un tren lento en un sistema de trenes rápidos, a esto se le conoce como fenómeno de supresión.

Regularidad.

El que la operación de todos los trenes a lo largo de la línea se lleve a cabo de la forma más apegada posible a la programada, permite maximizar los niveles de la capacidad técnica real. Unos niveles de regularidad adecuados sólo pueden conseguirse con un equipamiento de vía, ingeniería civil, instalaciones, material rodante y una organización de los procesos de explotación y conservación homólogos a dicha necesidad. La irregularidad en la circulación de trenes tendrá siempre como consecuencia la reducción de los niveles de capacidad.

4.4.- Desarrollo Histórico de los Sistemas Ferroviarios.

A finales del siglo XIX, comienza el desarrollo de la motorización, cuyo verdadero crecimiento comenzó a darse a mediados de este siglo en los años 50's. La aviación comercial comienza hacia 1920, y su incidencia real en el mercado corresponde al final de la Segunda Guerra Mundial, presentando un gran crecimiento en las décadas de los 50's y 60's, continuando de manera casi incesante hasta nuestros días, viéndose solo perturbado en ocasiones por algunos problemas económicos y sociales.

En cuanto a la empresa ferroviaria, la intervención estatal, continuamente presente a lo largo de su historia, comenzó a traducirse en una baja competitividad. La fuerte competencia del transporte aéreo y el transporte terrestre a través de las crecientes redes de autopistas; hizo que el ferrocarril fuera alcanzando las cotas más bajas en cuanto a su imagen pública.

Pero al presentarse la crisis petroenergética en la década de los 70's, el ferrocarril vuelve a resultar un modo de transporte atractivo. Se valora no sólo su mayor eficiencia energética, sino la diversidad de las fuentes energéticas de las que puede alimentarse; esto especialmente en el caso de las locomotoras eléctricas ya que la electricidad no necesariamente se produce con combustibles derivados del petróleo. Esto revitaliza el interés de invertir en este modo de transporte y se renuevan importantes líneas, se adquiere material, se mejoran los métodos en gestión, y se comienzan programas que suponen la construcción de muchos miles de kilómetros que obligan en ocasiones a obras de tipo faraónico.

La empresa ferroviaria comprende que ante las nuevas circunstancias mundiales, es preciso abrir líneas de investigación, no solo en el campo de la técnica, sino en el de los procesos. Se acomete la construcción de importantes laboratorios y las administraciones se desarrollan empujadas por la investigación.

se trabaja en el diseño de nuevas máquinas de ferrocarril eléctricas. El ferrocarril apoyado en su carácter monodireccional, ofrece amplias posibilidades de incorporación de la cibemética, no solo en cuanto a los aspectos de la automatización, sino en el más amplio de la informática. Actualmente es común contar con controles de tránsito por computadora y en algunas líneas con sistemas de conducción automática.

4.4.1.- Cronología del Desarrollo del Ferrocarril.

Con la finalidad de conocer un panorama más amplio del entorno del ferrocarril, a continuación se muestra una cronología de los sucesos más importantes que han caracterizado el desarrollo del ferrocarril.

En 1850 máquinas de vapor de 380 hp, utilizando madera como combustible, alcanzaron la velocidad de 64 km/h; en 1900 locomotoras de 475 hp, utilizando carbón, alcanzaban los 80 km/h; en 1960 locomotoras de 1,000 hp, utilizando diesel, alcanzaban los 130 km/h. En 1964, los japoneses construyeron locomotoras eléctricas de 10,000 hp que viajaban a 200 km/h.

En 1860 un pasajero podía recorrer 400 km en tren en 12 horas, en 1900 esto se hacía en 6 horas y en 1964 el viaje de 500 km entre Tokio y Osaka a través de la línea Tokaido se realizó en 3 horas.

En la tabla 4.2 se muestran las fechas de inauguración de algunas de las líneas férreas más importantes:

Año	Línea Ferroviaria
1848 - 1850	París – Bruselas – Hamburgo; Viena – Praga; Viena – Berlín;
1848 - 1850	Moscú - Leningrado
1851	París – Londres (vía ferry)
1856	París – Frankfurt; París – Zurich; Viena - Trieste
1860 - 1870	París – Barcelona; Berlín – Moscú; Zurich – Roma; París - Milán
1869	Nueva York – San Francisco
1873	México – Veracruz (México – Puebla en 1869)
1881	Chicago – Los Angeles
1884	Zurich - Viena
1889	Viena - Estambul
1910	Buenos Aires - Santiago
1915	Moscú - Pekín

Tabla 4.2 - Inauguración de algunas de las Líneas más Importantes Históricamente³⁰.

³⁰ Fuente: Enciclopedia de México. Ferrocarriles

En cuanto al crecimiento de las redes ferroviarias tenemos las siguientes estadísticas:

Año	Red Ferroviaria Europea	Red Ferroviaria Estadounidense
1840	3000 km	-
1860	50,000 km	50,000 km
1960	150,000 km	300,000 km

Tabla 4.3 - Evolución de las Redes Ferroviarias Europeas y Estadounidenses³¹

En Europa hay un fenómeno que es importante señalar, en países como la Gran Bretaña se tenía una red de 25,000 km en 1870, mismos que se tenían en 1960, pero se llegó a tener un máximo de 40,000 km en 1910. Un fenómeno similar se presentó en otros países como Francia y Alemania; esto se debió en parte a la destrucción que ocasionaron las guerras mundiales y también al éxito que para mediados del siglo XX ya tenían el automóvil y el transporte a través de las carreteras.

El ancho estándar de las vías en la mayor parte de Europa y en muchas otras partes del mundo como en México es de 1.435 m. Existen vías menos anchas, que presentan la ventaja de ser menos caras de construir, sin embargo, esto disminuye su capacidad, principalmente debido a las características del material rodante. Comúnmente el ancho de los carros es de 2.90 m, su altura sobre las vías suele ser de 4.30 m y su longitud de aproximadamente 26 m. Para cálculos burdos se puede considerar que cada carro tiene la capacidad de transportar a unos 100 pasajeros o entre 20 y 40 toneladas de carga.

4.4.2.- Situación del Ferrocarril en el Mundo.

Las primeras vías ferroviarias se desarrollaron a lo largo de los más importantes corredores de cada país, su extensión produjo la creación de redes, que se fueron expandiendo, con lo que se fueron formando grandes mallas que cubrían grandes regiones e incluso continentes.

El establecimiento de ferrys permitió, asimismo, relacionar por mar otros puntos continentales, verificándose el transporte del mismo tren que penetraba en el barco para realizar la travesía. En ocasiones se construyen túneles bajo el mar para asegurar otras relaciones. De esta forma quedan establecidos los macrosistemas por los que circula el tráfico ferroviario mundial.

En la siguiente tabla, aparece la longitud de los macrosistemas mundiales, así como el tráfico de viajeros y mercancías correspondiente.

³¹ Fuente: Enciclopedia de México. Ferrocarriles.

Macrosistemas del mundo.

Macrosistemas	Longitud de líneas (10 ³ km)	Transporte de Pasajeros (10 ⁹ pas - km)	Transporte de Carga (10 ⁹ ton - km)
Europa	245	365	610
U.R.S.S.	140	330	3430
Extremo Oriente	65	125	540
Medio Oriente	22	20	20
Subcontinente asiático	70	180	150
Japón	25	220	55
Oceanía	45	7	30
África Austral	40	40	75
América del Norte	420	25	1500
Cono Sur Americano	85	40	110

Tabla 4.4 - Macrosistemas del Mundo³²Europa Continental.

Europa constituye la cuna del ferrocarril y en ella se ha llevado a cabo la mayor parte de su desarrollo, siendo un factor clave en la revolución industrial y también en el desarrollo económico de la segunda mitad del siglo XX. La estructura política ha obligado a la formación de pequeñas redes en veinticinco países, que componen una malla de 245,000 km, de los que el 70 % de las líneas son de vía única y el resto de doble vía, estando electrificado el 25 % de la gran malla.

La historia del ferrocarril ha condicionado su infraestructura, de forma que los trazados establecidos, algunos hace más de ciento cincuenta años, son actualmente respetados, salvo ligeras variantes. Este hecho se intensifica con la tremenda dificultad de una gran parte de Europa, surcada por elevadas montañas que aíslan prácticamente grandes zonas geográficas. Estos obstáculos han sido salvados en ocasiones por túneles de elevado costo, cuya rectificación o refuerzos, presentan grandes dificultades, no tanto de carácter técnico, sino más bien de carácter económico. La base de acción entre las empresas europeas ha estado sustentada sobre un espíritu de colaboración que ha conducido a la normalización de los medios.

El elevado desarrollo económico en gran parte de este continente ha fortalecido década tras década la competencia por parte del transporte carretero y

³² Fuente: Tratado de Explotación de Ferrocarriles, Tomo I - Planificación. OLIVEROS Rives, Fernando. Editorial Rueda. 1983

aéreo, que han captado una gran parte del mercado del transporte de pasajeros. A pesar de todos estos inconvenientes, los ferrocarriles europeos occidentales han ido a la cabeza, quedando emulados en algún momento por los de Estados Unidos, y actualmente por Japón. Los trenes de alta velocidad han recuperado una parte importante del mercado del transporte de pasajeros que en décadas anteriores habían ido perdiendo. La red ferroviaria de alta velocidad se encuentra en continuo crecimiento, a lo largo de los corredores más importantes del continente, pero con nuevas vías de mayores especificaciones.

Los ferrocarriles de carga continúan circulando prácticamente a la misma velocidad sobre vías de menores especificaciones, pero estos sistemas también se caracterizan por contar una regulación sumamente avanzada, especialización de los vagones y dispositivos para su manipulación según el tipo de carga, modernos sistemas de tracción, gran agilidad en el transporte multimodal, etc.

Las grandes concentraciones humanas en Europa han conducido a la construcción de ferrocarriles metropolitanos y suburbanos, indispensables para asegurar el transporte en conurbaciones superiores al millón de habitantes.

Gran Bretaña.

Los ferrocarriles británicos tienen una gran tradición y experiencia en el movimiento de los pasajeros. Sus realizaciones se caracterizan por la sencillez en el equipamiento de las líneas, tanto en infraestructura como en la superestructura, basándose los logros conseguidos en alta velocidad en una acción destacada de diseño e innovación sobre el material rodante. Los ferrocarriles británicos han conseguido un nivel de velocidad máxima de 200 km/h, con un gasto mínimo en vía e instalaciones.

Entre las principales realizaciones británicas podemos citar las siguientes:

High Speed Trains (HST)

Los High Speed Trains fueron estudiados y diseñados por los ferrocarriles británicos para realizar servicios interurbanos a gran velocidad, aprovechando al máximo, como ya se ha dicho la infraestructura existente. Los HST son trenes remolcados por dos vehículos motores de tracción diesel y de siete a diez cajas intermedias de 33 t cada una. Los dos vehículos motores circulan acoplados en cabeza y cola del tren, lo cual facilita enormemente la maniobrabilidad del tren. Con un peso de 17 t por eje y una velocidad máxima de 200 km/h, los trenes HST alcanzan unas velocidades comerciales de 135 a 156 km/h, con un horario cadenciado. El primer HST realizó servicio regular en 1976 entre Londres y Bristol, alcanzando la velocidad comercial de 156 km/h.

Advanced Passenger Train (APT)

El tren Advanced Passenger Train es el resultado de una serie de estudios y pruebas que tienen como objetivo elevar la velocidad máxima de los trenes interurbanos hasta los 250 km/h, con una velocidad comercial cercana a los 160 km/h, y una utilización estricta de la vía existente.

La característica más importante de este tren consiste en un dispositivo de basculación de las cajas con un sistema electrohidráulico y neumático, que permite una inclinación máxima de la caja de 9 grados respecto al eje vertical. Como el viajero puede admitir hasta 8 grados de peralte no compensado, la inclinación total puede llegar a 17 grados, con lo que se puede aumentar teóricamente la velocidad en las curvas en un 50% aproximadamente.

Los coches motores de los APT se encuentran situados en el centro del tren, mientras que en la cabeza y cola del mismo existen las correspondientes cabinas de conducción. En el proyecto primitivo de este tren se pensó en utilizar la técnica de la turbina de gas para la propulsión de los motores de tracción, pero al igual que los ferrocarriles franceses ante la crisis energética han cambiado el sistema a la tracción eléctrica.

Japón.

Las concentraciones excepcionales de la población y la gran actividad económica de este país generan una gran demanda en el transporte de viajeros a medias y largas distancias, es decir entre el radio de acción del automóvil y el de la aviación comercial. En la isla mayor, Honshu, a lo largo del corredor Tokaido, de unos 500 km entre Tokio y Osaka, se encuentra aproximadamente el 40% de la población, el 70% de la producción industrial y el 80% de la renta nacional.

Planteado el problema del agotamiento de la capacidad de la línea férrea entre Tokio y Osaka, los ferrocarriles japoneses decidieron en 1959, la construcción entre dichas ciudades de una nueva línea especializada en el tráfico de viajeros a gran velocidad, la cual fuera independiente de la red existente en aquella época.

En 1964 inauguró la línea Shinkansen (gran velocidad), llamada New Tokaido, de 510 km que une Tokio y Osaka, consiguiendo absorber el 25% del tráfico aéreo que se generaba, entre ambas ciudades. La velocidad máxima de circulación es de 210 km/h.

Esta línea fue rápidamente amortizada, a pesar de los enormes gastos de conservación que exigía. Dedicada solo al transporte de viajeros, sirvió para mostrar que el japonés necesitaba este tipo de transporte rápido.

En 1972 esta sección fue prolongada hasta Okayama. Posteriormente en 1975, se inauguró la segunda sección de Okayama a Fukuoka y Hakata, bautizada con el nombre de Sanyo. El éxito de esta línea ha sido desde el primer momento espectacular. El número medio de viajeros por día transportados por las nuevas líneas ha pasado de 60,000 en 1964 a 200,000 en 1969, 350,000 en 1974 y se ha sobrepasado el millón de viajeros por día en la actualidad.

El conjunto de la nueva línea entre Tokio y Acata es de 1,069 km de longitud total. Han contribuido a este éxito un conjunto de circunstancias positivas, entre las que podemos citar la alta regularidad de la circulación de trenes, la alta calidad de la técnica aplicada, la moderación de las tarifas, la ausencia de una autopista paralela, la alta velocidad de desplazamiento y el aumento continuo del nivel de vida del pueblo japonés.

Históricamente, Japón ha sido pionero en el desarrollo de distintos tipos de servicios ferroviarios, desde los trenes metropolitanos, hasta los ferrocarriles de alta velocidad a nivel nacional. En la actualidad su red nacional cuenta con más de 25,000 km de vías. Constituye una de las redes más saturadas del mundo, alcanzando a todas sus regiones a pesar de grandes dificultades orográficas.

América del Norte.

En América del Norte, las directrices del macrosistema han sido marcadas por los EUA. Históricamente parte importante del desarrollo de los sistemas ferroviarios se ha experimentado aquí, y se produjeron innovaciones tecnológicas que marcaron importantes hitos ferroviarios. En tiempos pasados el ferrocarril fue un factor clave de la unidad y la fuerza económica de este país.

Las redes de América del Norte cuentan con una extensión aproximada de 420,000 km, han operado en general de forma más libre que las europeas en materia comercial ya que los gobiernos les han impuesto menos obligaciones de carácter público. Las líneas son, en general, vastas, tendiendo a enlazar las grandes ciudades, a veces separadas por muchos cientos de kilómetros y alimentadas por ramales mineros u otros pequeños para conectar pequeñas ciudades.

En lo que respecta a los EUA, en 1835 ya existían 1,200 km de líneas de ferrocarril, y en 1916 contaban con 410,000 km a lo largo y ancho del territorio. Actualmente sólo tiene 340,000 km de líneas, debido a la poca rentabilidad económica que algunas de las líneas anteriores presentarían hoy en día. El gran crecimiento de otros medios de transporte a partir de mediados del s. XX, cambió notablemente el signo de su desarrollo.

Durante la Segunda Guerra Mundial el ferrocarril fue subvencionado por el Estado para hacer frente al gran volumen de transporte militar necesario, subvención que terminó con el fin del conflicto bélico. A partir de entonces y

durante algunas décadas, el tráfico se fue reduciendo. Esta baja se presentó a pesar de un sólido incremento del PIB, lo cual puso de manifiesto la incapacidad del ferrocarril para adaptarse a las condiciones del mercado. Hoy en día el ferrocarril tiene una muy importante participación en el movimiento de carga, transportando contenedores, graneles y automóviles (entre algunos otros tipos de carga) principalmente a lo largo de corredores que van desde los más importantes puertos hacia tierra adentro y viceversa, o incluso ofreciendo el servicio de puente interoceánico.

En cuanto al transporte interurbano de pasajeros, en Estados Unidos la compañía más importante es Amtrack, que opera desde 1971 sobre todo el territorio nacional e incluso con conexiones a algunas ciudades de Canadá. Cuenta con muchos tipos de trenes y las líneas tienen distintos niveles de especificaciones, por lo cual algunos de los servicios son lentos mientras otros son razonablemente rápidos.

La red de los ferrocarriles canadienses, con 65,000 km, está constituida por dos compañías importantes, la Canadian National (CN) y la Canadian Pacific (CP). La primera está nacionalizada y la segunda es privada. La política canadiense en cuanto a viajeros ha sido análoga a la de EUA, concentrándose las compañías en el transporte de mercancías.

En cuanto a la red de nuestro país diremos que posee una longitud de 20,000 km aproximadamente. Las dificultades orográficas son fuertes, por lo que el ferrocarril ha tenido que enfrentarse con importantes problemas de tracción. La mayoría del material remolcante está compuesto por locomotoras a diesel.

El material y las instalaciones tienen una sensible influencia de los EUA. Los ferrocarriles requieren un fuerte plan de inversiones que actualice tecnológicamente no sólo su estructura, sino el área operativa de los procesos. El nivel de automatización es bajo.

Sudamérica.

En él se integran importantes redes, como las de Argentina, Chile y Brasil, así como las de Uruguay, Paraguay, Perú y Bolivia. Sin embargo, la creación del ferrocarril en Sudamérica se llevó a cabo, en la mayoría de los casos, buscando dar salida a los productos del interior a través de los puertos, por lo que no se concibieron como verdaderas redes.

Técnicamente se han presentado muchos retos, las cotas ferroviarias más elevadas del mundo son alcanzadas en esta región: Bogotá está a 2,650 m, Quito a 2,890 m y La Paz a 3,660 m. La línea más elevada está en Perú a 4,230 m de altura, y el túnel trasandino tiene su cota más alta en la divisoria, a 3,200 m, teniéndose que utilizar el sistema de cremallera para salvar pendientes de 8% en la vertiente chilena y 6.4% en la Argentina. El ferrocarril que va desde Cuzco a Machupichu, sube la cordillera recorriendo longitudes de unos 500 m en zigzag,

las locomotoras remolcan al tren alternativamente por enfrente y por detrás para salvar los 4,100 m de altura.

El ancho de vía utilizado ha tenido una cierta influencia española, ya que se ha establecido el de 1,670 mm. También existe el de 1,600 mm y el de 1,000 mm, aparte del más convencional de 1,435 mm.

Servicios de Alta Velocidad.

En cuanto al transporte de pasajeros a nivel mundial, los servicios de alta velocidad son cada vez más comunes. En la tabla 4.5 se puede ver el orden de los países en cuanto a los servicios ferroviarios de mayor velocidad media de operación.

Posición	País	Tren	Desde	Hasta	Dist. (km)	Tiempo (min)	Vel. Media (km/h)	Vel. Máx. (km/h)
1	Japón (JR West)	Nozomi (serie 500)	Hiroshima	Kokura	192.0	44	261.8	300
2	Francia (SNCF)	TGV	Lille Europe	Roissy-CDG	203.4	48	254.3	300
3	Internacional (SNCF/SNCB/DB)	TGV Thalys	Paris Nord	Mons	281.6	80	211.2	300
4	España (RENFE)	AVE (Class 100)	Madrid Atocha	Sevilla	470.5	135	209.1	300
5	Alemania (DB)	ICE (Class 401)	Würzburg	Fulda	93.2	28	199.7	280
6	Reino Unido (GNER)	IC225 (Class 91)	Londres Kings Cross	York	303.3	101	180.2	200
7	Suecia (SJ)	X2000	Hässleholm	Alvesta	98.0	35	168.0	200
8	Italia (FS)	ETR500	Florenia SMN	Roma Termini	261.0	95	164.9	250
9	EUA (Amtrak)	Metroliner (AEM7)	Baltimore, MD	Wilmington, DE	110.1	42	157.3	200
10	Finlandia (VR)	Pendolino (S220)	Salo	Karjaa	53.1	21	151.7	220

Tabla 4.5 - Países con los Servicios Ferroviarios de Mayor Velocidad en 1997³³

³³ Fuente: Railway Gazette International 1997

4.4.3.- Algunas Realizaciones Destacadas y Proyectos en la Actualidad.

El Sistema Shinkansen Japonés.

El sistema ferroviario Shinkansen fue el primer sistema de trenes de alta velocidad en operar comercialmente. Los estudios de factibilidad comenzaron en 1956 y el sistema comenzó a operar en octubre de 1964 entre Tokio y Osaka a lo largo del corredor de 515 km conocido como Tokaido. La línea fue trazada con radios de curvatura mínimos de 2,500 m que permitían operar a velocidades de hasta 200 km/h. En un inicio el servicio era de 60 trenes diarios, con dos tipos de trenes, los llamados Hikari hacían el recorrido en un total de cuatro horas y los Kodama lo hacían en cinco horas. Para 1965 el servicio Hikari redujo sus tiempos a tres horas con diez minutos alcanzando una velocidad media de operación de 162.8 km/h, la más alta del mundo en ese momento. Para 1965 los trenes más rápidos en servicio comercial eran los siguientes:

País	Tren	Desde	Hasta	Distancia (km)	Tiempo (hr:min)	Vel. Media (km/h)	Vel. Máxima (km/h)
Japón (JNR)	Hikari	Tokyo	Shin-Osaka	515	3:10	162.8	210
Francia (SNCF)	Mistral	París	Dijon	315	2:25	132.1	160
Reino Unido (BR)	The Bristolian	Londres Paddington	Bristol	191	1:45	109.1	145
Alemania (DB)	Schauinsland	Frankfurt	Zurich	337	3:12	105.3	140
Italia (FS)	Settebello	Milán	Roma	632	6:00	105.3	140
E.U.A. (Union Pacific)	City of Denver	Denver	Chicago	1690	16:15	103.5	145
Bélgica	Saphir	Ostende	Frankfurt	266	2:54	91.7	140
Holanda	Edelweiss	Amsterdam	Zurich	312	3:24	91.3	140
U.S.S.R.	Estrella Roja	Moscú	Leningrado	651	7:55	82.2	120

Tabla 4.6 - Países con los Servicios Ferroviarios de Mayor Velocidad en 1965³⁴

³⁴ Fuente: Excepto los del Hikari todos son datos de 1964 según la revista "Railway Pictoral" de Octubre de 1964.

La línea Sanyo fue abierta en 1972 con un total de 554 km desde Osaka hasta Hakata como una prolongación de la línea Tokaido. Pero en esta segunda línea los radios de curvatura mínimos fueron de 4,000 m, lo que permitió operar a velocidades de hasta 265 km/h.



LEJIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.1 - Sistema Shinkansen Japonés³⁵

El TGV Francés.

El TGV o Tren a Gran Velocidad francés, cuenta con un complejo sistema que comprende muchos elementos comunes a los de los clásicos ferrocarriles y que en conjunto con un gran desarrollo tecnológico, hacen posible el desplazamiento a gran velocidad posible (alrededor de 300 km/h ó 186 mph). El TGV es un sistema operado por el SNFC (sistema nacional ferroviario francés) y forma parte integral del sistema ferroviario en este país.

³⁵ Fuente: Elaborado por Dave Fossett, 2002.

Resumen Histórico.

En los años 60 tanto en Francia como en otros países se buscaba desarrollar nuevas tecnologías para incrementar la velocidad de los trenes. Se buscaban también mejorar en algunos otros aspectos como el de aumentar las pendientes máximas permisibles, con lo cual la construcción de las nuevas vías resultara más económica. Muchos ingenieros llegaron a pensar que el concepto de la tracción de una rueda de acero sobre un riel de acero no tenía ya lugar en el desarrollo de los trenes del futuro. Así se favoreció la investigación y desarrollo de tecnologías innovadoras como los trenes suspendidos sobre rieles magnéticos.

Sin embargo, al mismo tiempo pero de forma independiente, la SNCF buscaba aumentar las velocidades de los trenes convencionales dentro de un rango de 180 a 200 km/h. Esto se buscaba en trenes no eléctricos, usando turbinas de gas como medio de propulsión. En 1967, aquellos que buscaban diseñar trenes de altas velocidades, vieron el proyecto del turbotrén con gran interés, motivados además por la puesta en servicio en 1964 del tren de alta velocidad japonés Shikansen.

Así se creó primero el llamado prototipo TGS, que alcanzaría una velocidad record en el momento de 252 km/h. Luego se creó el ETG (Unidad de Turbina de Gas), que en Marzo de 1970 comenzó a dar servicio en la ruta Paris – Cherbourg.

La idea original de la SNCF para el desarrollo del TGV, era buscar el desarrollo de un tren de alta velocidad, pero que al mismo tiempo pudiera utilizar la infraestructura existente. Al poder entrar a las ciudades a través de las mismas vías y operar en las mismas estaciones que el resto de los trenes de pasajeros se consiguió que su introducción fuera mucho más viable de lo que hubiera sido la introducción de trenes que no compartieran el mismo tipo de infraestructura,

El primer prototipo desarrollado para este proyecto fue el TGV 001, el cual comenzó su programa de pruebas a principios de los años 70's. El TGV 001 era impulsado por una turbina de gas y el 8 de Diciembre de 1972 impuso el récord mundial de velocidad para un tren, al desarrollar la velocidad de 318 km/h (198 mph), el cual permaneció vigente hasta 23 años después y todavía es le record de velocidad para trenes no eléctricos.

Sin embargo, con la crisis petrolera de 1974, se consideró inconveniente alimentar a los trenes del futuro con combustibles fósiles. Se quería ahora cambiar a un funcionamiento totalmente eléctrico, lo cual implicó un extenso proceso de rediseño y de pruebas. Así se creó en 1974 un prototipo experimental conocido como "Zébulon". Contaba con varias innovaciones técnicas que resultaron muy útiles. Lograron reducir el peso de la máquina en unos 3,300 kg; también se diseñó un nuevo pantógrafo para altas velocidades, que posteriormente evolucionó en el pantógrafo AM-PSE del TGV Sud-Est; además de introducir una nueva modalidad de frenos magnéticos. El Zebullon recorrió casi un millón de kilómetros en un período de 20 meses, y su velocidad más alta fue de 309 km/h.

Así, los prospectos para el proyecto C03 eran muy buenos, y para 1976 el gobierno francés lo financiaba completamente. De esta forma comenzaría la construcción de una vía totalmente electrificada de París a Lyon (Paris Sud-Est o PSE) con las especificaciones necesarias para estos trenes. La nueva línea se inauguró el 27 de Septiembre de 1981 en su primera sección que iba de St. Florentin a Lyon y este mismo año se instauró un nuevo récord de 515.3 km/h. La línea fue completada dos años después con el tramo Paris (Combs-La-Ville) – St. Florentin, teniendo un total de 538 km. La puesta en servicio de este tren fue un increíble suceso y representó una importante pérdida económica para las aerolíneas que ofrecían el servicio de París a Lyon.

En cuanto a las innovaciones tecnológicas, lo que más llama la atención de estos trenes es la forma aerodinámica de su nariz, lo cual es una característica importante, pero no es la innovación más trascendente, una que llama menos la atención pero es fundamental, es la articulación que permite la unión entre carro y carro. Esta articulación permite la unión de dos carros sobre un solo juego de dos ejes de ruedas (en total dos ejes por carro); a diferencia de la forma común en donde cada carro es soportado en cada uno de sus extremos por un juego de dos ejes (4 ejes por carro). Este tipo de eje permite un mayor espacio disponible para la suspensión y reduce considerablemente el peso de todo el sistema, lo cual es bastante benéfico si se toma en cuenta que el TGV fue diseñado tan sólo para soportar cargas relativamente ligeras. Los frenos también cuentan con innovaciones enfocadas en poder dispersar una gran cantidad de energía. Muchos de los trenes son de manejo computarizado y sus funciones son controladas digitalmente.

En cuanto a las vías no se utiliza propiamente ninguna tecnología especial, pero estas cuentan con muy altas especificaciones. Las curvas en estas vías deben de contar con la combinación de sobre-elevación y un radio de curvatura bastante grande, lo cual permite que el tren transite a altas velocidades con una gran seguridad. Por ejemplo, para este tipo de vías, un radio de curvatura de 5 km puede ser considerado estrecho; todo esto encarece su construcción. Estos trenes también pueden circular por tramos de vías con menores especificaciones, pero, lógicamente, a menores velocidades.

La operación del TGV originó significativos beneficios económicos para la SNCF, logrando recuperar toda la inversión en prácticamente una década. Así cambió la perspectiva que se tenía los trenes como transporte de pasajeros para el futuro.

El corredor Paris – Lyon es probablemente el ejemplo más claro de cómo los trenes de alta velocidad pueden atraer usuarios del transporte aéreo, en corredores de 300 a 1000 km aproximadamente. De 1972 a 1980 el tráfico aéreo a través de este corredor aumentó aproximadamente en un 80%, a un ritmo muy similar al del resto de tránsito aéreo doméstico en Francia. La puesta en servicio el TGV en 1981 produjo en el periodo 1981 – 1984 un derrumbe tal en el

transporte aéreo de pasajeros para este corredor, que a final de cuentas se regresó al mismo nivel de pasajeros transportados que se tenía en 1972. Entre 1984 y 1990 el movimiento aéreo en este corredor se mantuvo prácticamente estancado mientras que en el resto de Francia crecía. Ya en el período 1990 – 1992 se presentó cierto crecimiento, para alcanzar un crecimiento neto en el período 1972 – 1992 de tan solo 16.7%. Estas estadísticas fueron presentadas por Aeropuertos de Paris, y se resumen en la figura 4.2.

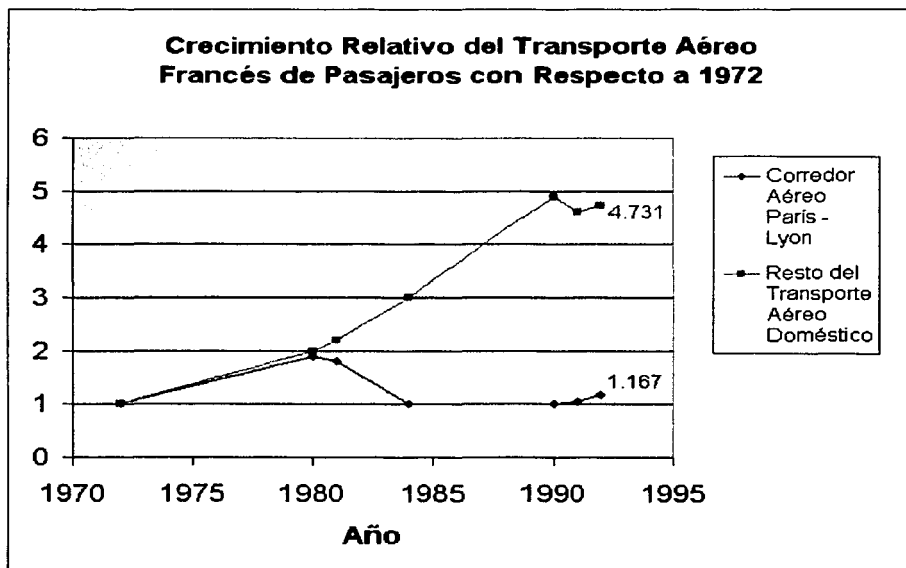


Figura 4.2³⁶

Desde entonces nuevas líneas y trenes de gran velocidad comenzaron a ser construidos no solo en Francia, sino también en otros países de Europa y Asia, desarrollando mejoras tecnológicas en cada generación. Cabe mencionar que las primeras líneas en construirse corresponden lógicamente a los corredores más importantes. Por esta razón presentan mayor demanda de pasajeros, tasas de retorno más atractivas y períodos de recuperación de la inversión más cortos de lo que se espera presenten las siguientes líneas contempladas en el plan maestro. En la siguiente tabla encontramos la cantidad de pasajeros transportados por las tres líneas del TGV que ya operaban en 1995.

³⁶ Fuente: Elaboración propia basado en la información del artículo: High Speed Rail the French and European Experiences. Gerard Mathieu. Transportation Congress, San Diego California 1995

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Línea	Período	Millones de Pasajeros	Promedio Anual (Millones de pasajeros x año)
TGV Sudeste	Sep. 1981 - Dic. 1994	220	16.50
TGV Atlántico	Sep. 1989 - Dic. 1994	90	16.88
TGV Norte	Jun. 1993 - Dic. 1994	6	3.79

Tabla 4.7 - Total de Pasajeros en las tres primeras Líneas del TGV hasta 1994.³⁷

De las tres líneas existentes (que confluyen en la ciudad París), la más reciente es la línea TGV Norte, abierta al público en el año de 1993. Es importante tener en cuenta que su promedio anual de pasajeros para diciembre de 1994, no debe compararse todavía con el de las dos primeras líneas, pues los primeros años son los de más rápido crecimiento. Además esta línea tiene características muy distintas a las dos primeras, ya que comunica a Francia con otros países del norte de Europa, siendo utilizada por usuarios de distintos orígenes, como belgas, alemanes, holandeses y británicos, comunicando a París, Londres y Bruselas a través de la ciudad francesa de Lille, donde se tiene contemplado desarrollar un centro de transporte multimodal llamado Euraille.

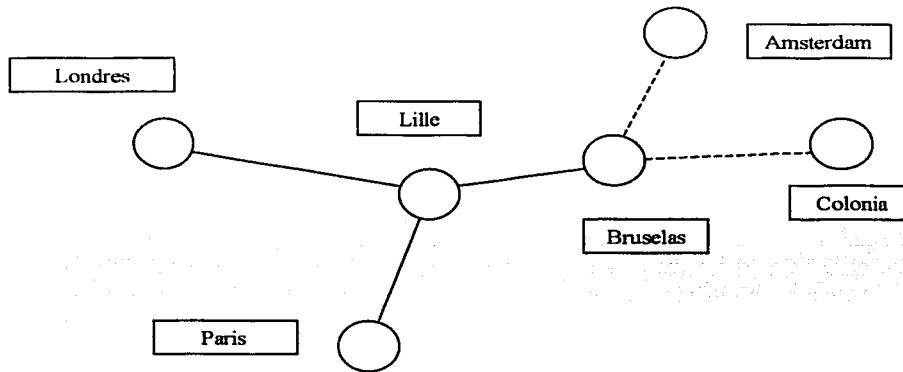


Figura 4.3 - Red del TGV Norte³⁸

A diferencia de las redes metropolitanas, la existencia específica y diferenciada de las redes suburbanas tiene una corta historia en el campo del transporte ferroviario, sin embargo actualmente ya existen algunas realizaciones muy importantes en este tipo de transporte, parte de ellas por su concepción a nivel global de un sistema suburbano y otras gracias al fenómeno de la novedad.

³⁷ Fuente: High Speed Rail the French and European Experiences. Gerard Mathieu. Transportation Congress, San Diego California 1995

³⁸ Elaboración propia con base en la misma obra.

Redes Suburbanas Alemanas "S-Bahn".

Debido a que en el núcleo de las grandes ciudades la superficie disponible para la circulación y el estacionamiento de los automóviles está casi agotado, y la congestión de vehículos motorizados sobre el pavimento amenaza la funcionalidad de las ciudades; se busca promover la coherencia de las redes de transporte a través de la coordinación de los horarios y prestaciones, y a la creación de correspondencias adecuadas. En las zonas urbanas, el ferrocarril es un modo de transporte adecuado para el transporte eficiente de grandes cantidades de pasajeros. En esta coherencia de las redes de transporte, el autobús opera sobre corredores de menor densidad, con la función de agrupar y dispersar a los pasajeros encaminados por los ferrocarriles a través de corredores de mayor densidad.

Bajo este enfoque se crean redes ferroviarias suburbanas como el "S-Bahn", que también se encuentra interconectada con la red del metro "U-Bahn", el cual, como sistema tiene una red más densa de cobertura, pero solo sobre el área central de la ciudad. En los puntos de parada apropiados de la red de trenes "S-Bahn", se prevén instalaciones suficientes para el estacionamiento de automóviles privados (sistema «park and ride»), así como circuitos fáciles para la conexión con los autobuses de alimentación.

Las líneas se organizan en distintos ramales colectores que se cruzan en el centro de la ciudad, en las pautas seguidas para el desarrollo de las redes "S" en las conurbaciones de ciudades como Munich, Berlín, Hamburgo, Frankfurt y Stuttgart. La red suburbana regional se conecta de la forma más ventajosa posible a la urbana, tomando en esta última unas líneas, la función de concentración y dispersión del Tráfico de la red "S". La red ferroviaria se completa en las zonas exteriores a la aglomeración y en la región circundante por una red bien coordinada de líneas de autobuses, cuya misión fundamental es la concentración y dispersión de los viajeros de la red ferroviaria y el establecimiento de relaciones transversales.

En las zonas exteriores de las líneas suburbanas se sitúan las paradas de acuerdo con los centros residenciales. En la zona urbana son la coordinación con la red urbana y la situación de los principales centros de negocios y de empleo, los que determinan el emplazamiento de las estaciones de la red "S". Los puntos de parada complementarios no hacen perder a la red "S" su carácter de ferrocarril rápido; la velocidad comercial se mantiene lo más elevada posible. En la periferia de la ciudad y en la zona exterior, la distancia media entre puntos de parada es según la configuración de las zonas habitacionales, entre 1.5 y 4 km. En la zona central de las ciudades, las paradas se aproximan por lo general a aproximadamente 1 km, con el objetivo de aumentar la zona de acción directa de la red "S" en estas zonas y con ello reducir el número de transbordos necesarios. El tren del tipo 420 desarrollado especialmente para las redes "S", opera a velocidades máximas de 80 km/h en zona urbana y 120 km/h en zona exterior.

Para aumentar la capacidad se sitúan los andenes a uno y otro lado de la vía. La elección entre un andén central o dos laterales depende principalmente de las circunstancias locales. Para las estaciones de plena línea donde el número de pasajeros no es excepcionalmente elevado, basta una sola vía de andén para cada sentido. Las estaciones de bifurcación se dotan en la dirección del tronco común de las vías de andén accesible a los trenes de las dos líneas sin incompatibilidades de itinerario. Se ha cuidado también la posición de los accesos a los andenes en función de las corrientes principales de circulación de los viajeros. Existen dispositivos amortiguadores del ruido y vibraciones producidos por los trenes, en los lugares comprometidos. Todas las composiciones están dotadas del sistema de frenado automático en línea y velocidad prefijada, así como de radio abordó.

Las instalaciones de servicio al viajero se reducen a una sala de espera (únicamente en las estaciones importantes) con barreras y distribuidores automáticos de boletos, agrupados cerca de los accesos a los andenes, complementándose con los adecuados dispositivos de información, principalmente sobre los horarios de los trenes y las correspondencias. En las estaciones importantes y sobre todo en las de bifurcación, existen edificios comerciales y de servicios.

Proyecto de Trenes de Alta Velocidad en Texas.

El proyecto de los trenes de alta velocidad en Texas surgió básicamente de una propuesta de los industriales alemanes para exportar la tecnología del ICE (Tren de Alta Velocidad alemán.) Consideraron que Texas era un lugar óptimo dado su crecimiento poblacional y económico así como el precio relativamente bajo del terreno (en comparación con otras zonas como California o el Noreste de EU). Este sistema uniría básicamente a las ciudades de Dallas, San Antonio y Houston.

En 1989 un estudio encargado por la Texas Turnpike Authority TTA concluyó que el proyecto no solo era viable sino que sería muy beneficioso para el estado, y especialmente atractivo por la generación de empleos. Al concurso se presentaron dos consorcios internacionales la "FasTrac" que representaba básicamente al grupo alemán, y la "Texas TGV" detrás de la cual estaban los franceses. Ambos proyectos requerían de la participación del estado para ayudar a financiar la obra. Esto no fue aceptado por el gobierno estatal, y no sería factible que el gobierno federal participara si el estatal no lo hacía. Así surgió toda una serie de problemas que ya no permitieron la realización de este proyecto que por el momento parece estar abandonado.

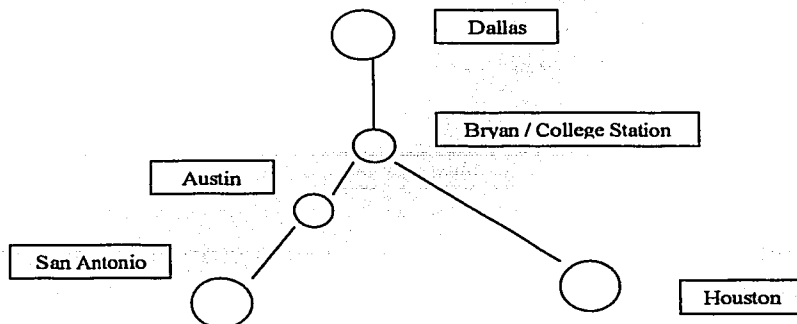


Figura 4.4 - Red Propuesta para el TGV Texas.³⁹

4.5.- Desarrollo del Ferrocarril en México.

La primera concesión para construir ferrocarriles en México la dio el presidente Anastasio Bustamante en 1837, con la intención de enlazar a la Ciudad de México con Veracruz. El beneficiario en primera instancia de esta concesión fue el comerciante veracruzano Francisco Arillaga, pero al no contar prácticamente con ninguna experiencia terminó por abandonar el proyecto. En 1842 el presidente Antonio López de Santa Anna hizo el segundo intento, los encargados encontraron también muchos problemas, pero finalmente en 1850 lograron inaugurar el primer tramo de 13.6 km de longitud entre Veracruz y El Molino. El tramo México – Puebla fue inaugurado en 1869 por Benito Juárez, utilizando un carro que Maximiliano había mandado construir para sí mismo, pensando que a él le tocaría inaugurarlo. La línea México – Veracruz no quedaría completa sino hasta 1873 con un total de 470.8 km. Para ese entonces se habían otorgado concesiones para construir 48 líneas ferroviarias, de las cuales solo una había sido terminada, 9 tenían algún grado de avance (al menos algún tipo de estudio del trazo y del terreno), y en cuanto las 39 restantes no se había hecho absolutamente nada. Además de los 471 km de la línea México – Veracruz existían otros 101 km para dar un total en 1873 de 572 km de red ferroviaria nacional.

Para 1873 el interés en México por extender la red ferroviaria era muy grande, especialmente por contar con líneas que recorrieran al país de costa a costa, con la idea de crear un puente comercial interoceánico. Sin embargo la experiencia mostraba que impulsar un crecimiento acelerado con inversiones mexicanas y los limitados préstamos europeos sería muy complicado. La

³⁹ *Elaboración propia con base en la información presentada en Texas TGV, Transportation Congress, San Diego California 1995*

inversión estadounidense en nuestro país no era bien vista dado el conflicto que se presentó entre 1846 - 1848.

Los estadounidenses ya habían extendido su red ferroviaria rápidamente a través de los territorios que unas décadas antes habían sido mexicanos, y ahora se interesaban en invertir en una línea que penetrara a México para atraer productos básicos que podrían conseguir de nuestro país a mejores precios de los que en ese momento pagaban por su importación desde otros países. Existía así un debate sobre aceptar o no la inversión estadounidense, aunque parecía evidente que ésta era la única fuente existente de financiamiento que podría generar un crecimiento considerable. Un problema importante era que a los Estados Unidos les interesaba invertir en líneas que unieran al centro del país con su frontera norte, y no en líneas interoceánicas como quería el gobierno. Esta problemática provocó largas discusiones entre personajes de distintos grupos políticos.

Además en 1876 el Gral. Porfirio Díaz destituyó al hasta entonces presidente, Sebastián Lerdo de Tejada, en la llamada rebelión de Tuxtepec. Esto aumentó la desconfianza de posibles inversionistas, por lo cual hasta 1880 el avance fue muy escaso. El que en 1880 Porfirio Díaz cediera el poder al también Gral. Manuel González a través de un proceso de elecciones populares, mejoró la imagen del gobierno mexicano, y así los estadounidenses decidieron aceptar las invitaciones para invertir en ferrocarriles.

Durante el gobierno de González (1880-1884) se otorgaron 39 concesiones de las cuales 14 comenzaron a construirse, y comenzó así la época de oro de la construcción de ferrocarriles en México. Durante el período de 1881 a 1910 se construyeron en promedio 664.6 km de vías férreas al año, en 1882 se alcanzó el record de 1938 km en un año, el mayor en la historia de México. Pero este crecimiento en un inicio no fue regulado por ningún tipo de plan gubernamental, simplemente se adoptó la política de "dejar hacer". Así las líneas que resultaron extensiones de las estadounidenses rápidamente se terminaron y las que intentaban atravesar al país de costa a costa eran abandonadas con el pretexto de las dificultades topográficas que presentan las sierras que atraviesan al país. La única línea de costa a costa que había sido terminada fue la del Istmo, inaugurada en 1894. Por esta razón en 1898 (año en el cual la red ya contaba con 12,300 km), el entonces secretario de Hacienda, José Ives Limantour decidió que era necesario una mayor intervención del estado y se creó la primera Ley General de Ferrocarriles, con lo cual se establecieron muchos más requisitos para otorgar concesiones. Pese a estas restricciones y limitaciones, el crecimiento de la red continuó siendo de magnitud significativa e incluso de forma más constante. De esta forma casi la totalidad de la red ferroviaria mexicana fue construida entre 1880 y 1911.

En la revolución, los ferrocarriles jugaron un papel muy importante al permitir transportar soldados y mercancías para los ejércitos a lo largo y ancho del territorio a una velocidad a la que nunca antes en la historia de los conflictos

armados del país se había podido hacer. Durante este período tanto la red ferroviaria como el equipo rodante sufrieron muchos daños, en parte por el uso tan pesado al que se vieron sometidas, pero también a la destrucción que se realizó adrede con motivos de estrategia militar. También por motivos de estrategia militar fueron mandados a reparar muchos de los tramos dañados y comprado nuevo equipo rodante, lo cual provocó que al final de la revolución el gobierno tuviera que afrontar fuertes deudas relacionadas al sistema ferroviario.

Al inicio de la Revolución de 1910 la red ferroviaria contaba con aproximadamente unos 19,750 km en total, para 1969 la red contaba 24,130 km (de estos aproximadamente 4,300 km eran de vías auxiliares). Este estancamiento en la evolución del transporte ferroviario se debe en parte al crecimiento de la red carretera y del autotransporte. En 1930 existían únicamente 1,426 km de carreteras asfaltadas, en 1970 eran poco más de 55,000 km (más del doble de la red ferroviaria de aquel entonces) y en el año 2000 se contaba con 108,000 km de carreteras pavimentadas. Estos datos podemos representarlos en la siguiente gráfica:

TENDENCIA
 FALTA DE ORIGEN

Crecimiento de las Redes Carretera y Ferroviaria en México

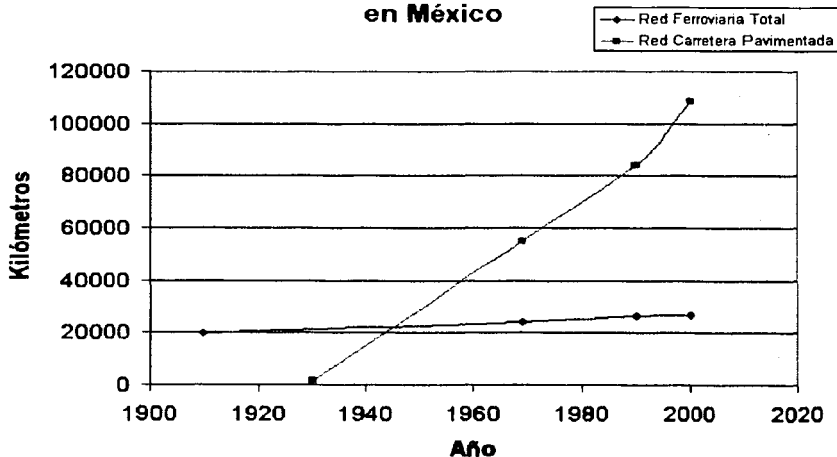


Figura 4.5 ⁴⁰

⁴⁰ Fuente: 1910 – 1969. Enciclopedia de México; Carreteras 1990 y 2000: Dirección General de Evaluación y Subsecretaría de Infraestructura; Ferrocarriles 1990: Ferrocarriles Nacionales de México; Ferrocarriles 2000: Concesionarios y Asignatario Ferroviarios.

En cuanto al movimiento de pasajeros a través de todo el sistema ferroviario nacional, este alcanzó su máximo nivel a finales de los 60's, pero de los 80's a la fecha ha presentado un decaimiento prácticamente total al irse cancelando los servicios debido a su insuficiencia económica.

Millones de Pasajeros Anuales en el Sistema Ferroviario Mexicano

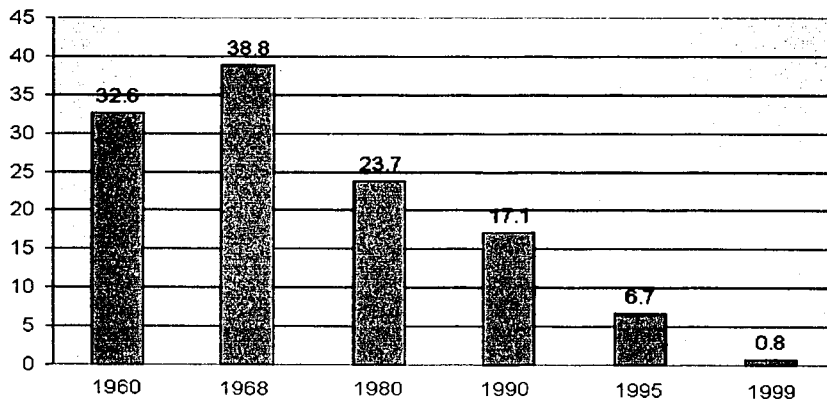





Figura 4.6 ⁴¹

En la tabla 4.8 se comparan los tiempos de recorrido de las principales rutas de ferrocarril de 1975 con los tiempos de autobús para esas mismas rutas en aquel entonces. Como puede verse, la mayor parte de los servicios ferroviarios de pasajeros presentaban tiempos más de un 25% mayores a los del autobús (en color rojo), haciéndolos muy poco atractivos y por lo tanto, perdiendo gran parte de su participación en el mercado del transporte interurbano de pasajeros.

⁴¹ Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Ruta	Distancia por Carretera (km)	Tiempo en Autobús (65 km/h)	Tiempos en Tren	Relación de Tiempos (tren / autobús)
Cd. de México - N. Laredo	1179	18h 10min	20h 20min	1.12
Cd. de México - Monterrey	949	14h 40 min	13h 40min, 15h 50min, 21h20min	0.93, 1.08, 1.45
Cd. de México - Cd. Juárez	1815	27h 50 min	33h 45min	1.21
Cd. de México - Chihuahua	1440	22h 10 min	33h 10min	1.5
Cd. de México - Guadalajara	572	8h 50min	11h 40min, 13h 30min, 13h 50min	1.32, 1.53, 1.57
Cd. de México - Morelia	311	4h 50min	9h, 10h	1.86, 2.07
Cd. de México - Oaxaca	507	7h 50min	14h 40min	1.87
Cd. de México - Veracruz	474	6h 30min	10h 15min, 11h 30min, 12h	1.58, 1.77, 1.85
Veracruz - Tapachula	811	12h 30min	21h	1.68
Guadalajara - Nogales	1714	26h 20min	25h 30min, 35h 30min	0.97, 1.35
Cd. de México - Mérida	1493	23h	36h 15min	1.58
Cd. de México - Mexicali	2096	41h 30min	42h 30min	1.02
Cd. de México - Nogales	2286	35h 10min	39h 30min	1.12
Cd. de México - Tapachula	1182	18h 10min	32h	1.76

Tabla 4.8 - Comparación de Tiempos de Viaje a través del Autobús y al Tren en 1975⁴²

-  Tiempos Menores a los del Autobús
-  Tiempos Mayores a los del Autobús en Menos de un 25%
-  Tiempos Mayores a los del Autobús en Más de un 25%

Proyectos Actuales para Trenes de Pasajeros en la ZMVM.

Actualmente, más allá del metro, el transporte ferroviario en nuestro país está dedicado casi por completo al transporte de carga, tan solo se prestan algunos trenes turísticos cuyo objetivo no es en realidad el transporte de pasajeros de un lugar a otro, sino que más bien resultan una atracción turística en sí. Antes de desarrollar sistemas de transporte ferroviario de larga distancia a través de trenes de alta velocidad, parece más viable comenzar con sistemas suburbanos y tal vez regionales (que puedan enlazarse a su vez con los sistemas metropolitanos ya existentes en algunas ciudades de nuestro país).

La última inversión que se hizo en cuanto al transporte ferroviario interciudades (regional), fue la del proyecto del tren eléctrico México - Querétaro, que pese a ser el tren de pasajeros que mejor servicio prestaba en el país, no logró captar la demanda suficiente para alcanzar su autosuficiencia económica, debido a lo cual, se optó por dejar de prestar el servicio. Las máquinas eléctricas que se adquirieron han sido vendidas, las vías que se construyeron para este tren

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

⁴² Fuente: Condiciones Actuales y Futuras del Transporte por Ferrocarril. SCT, 1976.

no tienen las especificaciones necesarias para ser utilizadas por trenes de alta velocidad, y las instalaciones eléctricas con las que cuenta, han impedido poder utilizar la doble estiba de contenedores de carga a través de este corredor.

Existen algunos proyectos para poner en marcha sistemas suburbanos y regionales de transporte ferroviario de pasajeros. Para el proyecto de trenes suburbanos, la vía México-Querétaro serviría como el corredor principal, y al contar ésta con una doble vía, podría relativamente tenerse una alta capacidad para el movimiento de pasajeros.

La primera línea contemplada sería la Buenavista - Huehuetoca, con unos 45 kilómetros de distancia. Si se concreta esta obra, se conectarán zonas de amplia actividad económica y urbana, como son Cuautitlán, Tultitlán, Tlalnepantla y la zona industrial de Vallejo. La velocidad promedio podría ser de unos 60 km/h incluyendo el tiempo de paradas, la cual es una velocidad bastante aceptable si se compara con la que otros modos de transporte público pueden ofrecer en esta zona (el metro opera con una velocidad media de 34 km/h) y además ofrecería una conexión directa con la red del metro de la ciudad.

Existe además la posibilidad de incorporar ramales y de desarrollar varios corredores adicionales, una propuesta estudiada para este sistema de trenes regionales o suburbanos se presenta en la figura 4.7.

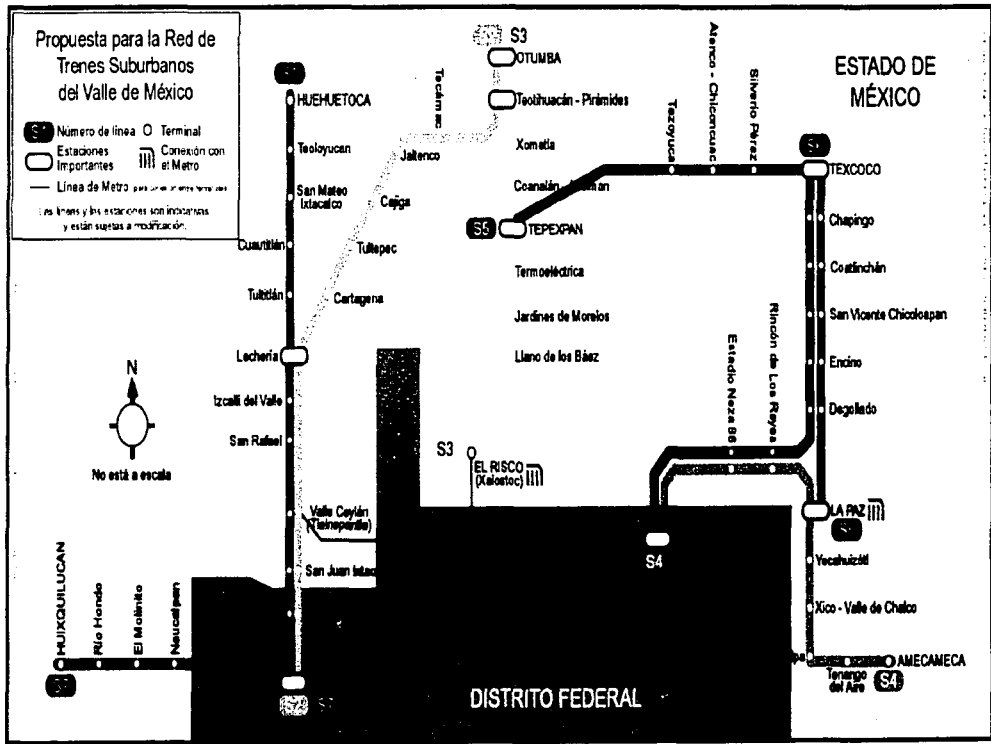


Figura 4.7 - Propuesta para el Sistema de Trenes Suburbanos
 Fuente: Elaborado por Marco A. Monroy

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

Además existe el proyecto de los trenes radiales cuyo desarrollo puede ser compatible con el de los trenes suburbanos

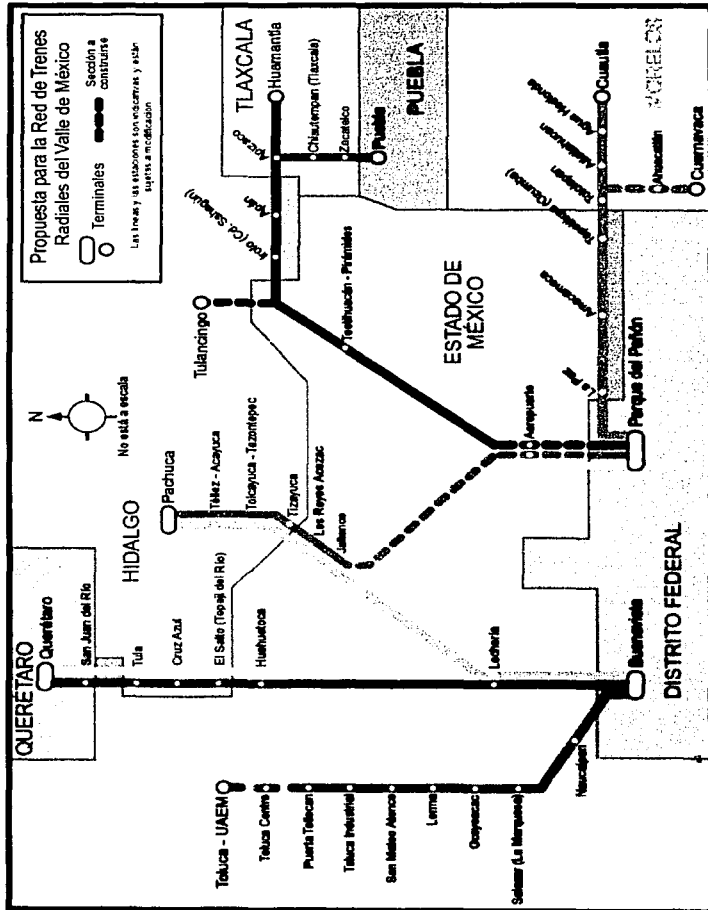


Figura 4.8 Propuesta para el Sistema de Trenes Radiales
 Fuente: Elaborado por Marco A. Monroy

4.6.- Características de los Sistemas Ferroviarios de Alta Velocidad.

4.6.1.- El Factor Velocidad.

El contar con sistemas de transporte de alta velocidad evidentemente genera beneficios para una región, pero evidentemente acarrea altos costos. La implementación de líneas de trenes de alta velocidad implica en muchos casos la construcción de nuevas líneas ferroviarias, o al menos, la adaptación de tramos existentes junto con algunos nuevos tramos. La velocidad de operación es un factor determinante en el tipo de trazo que se requerirá para una línea. En general, mientras más alta sea la velocidad, mayores serán las especificaciones requeridas, y por lo tanto, menores serán las opciones en cuanto al trazo de la línea. Cuando las condiciones topográficas de una zona son muy complicadas los costos de construcción de una línea ferroviaria de altas especificaciones pueden dispararse. En algunas ocasiones resulta que lo más conveniente es disminuir la velocidad de operación a lo largo de algún tramo particularmente complicado para disminuir los costos de construcción de la línea.

Según su velocidad de operación, hoy en día se considera que las líneas ferroviarias de alta velocidad pueden ser de tres tipos.

Alta Velocidad (HS.- High Speed): Estos sistemas suelen ser versiones mejoradas de la tecnología tradicional de los trenes de pasajeros, desarrollando velocidades de entre 200 y 250 km/h. Estos trenes suelen operar en vías preexistentes con algunas adaptaciones. Algunos ejemplos son el Amtrak Metroliner en Estados Unidos, el Rail Intercity en la Gran Bretaña, o el x2000 en Suecia.

Muy Alta Velocidad (VHS.- Very High Speed): Estos trenes desarrollan velocidades de operación entre 290 y 350 km/h, utilizando todavía la tecnología de "rueda sobre riel". Sin embargo corresponden a una nueva generación de transporte interurbano, siendo capaces de competir con el transporte aéreo en corredores de hasta unos 700 kilómetros. Las altas especificaciones que requieren estas líneas son un importante inconveniente, actualmente la máxima pendiente con la que operan es de un 3.5%, aunque con algunas mejoras se espera poder llegar a operar con pendientes de hasta 5%.

Ultra Alta Velocidad (UHS.- Ultra High Speed): En este caso hay un cambio importante, estos trenes pueden operar a velocidades de entre 320 y 500 km/h, pero por el momento lo hacen utilizando la tecnología de levitación magnética conocida como "Maglev". Además de que permite alcanzar mayores velocidades, esta tecnología ofrece la ventaja de poder operar con pendientes de hasta un 10% y con menores radios de curvatura en comparación con los trenes de "muy alta velocidad" que utilizan la tecnología de rueda sobre riel. Esto facilita el trazo de las líneas y disminuye algunos de los costos de construcción, especialmente si se

tienen que atravesar zonas de difíciles condiciones topográficas. Actualmente no existen servicios de larga distancia que operen con este tipo de tecnología. La línea más larga es la de 30 km entre la ciudad de Shanghai y el aeropuerto de Pudong, inaugurada oficialmente el 31 de diciembre del 2002 y que comenzará a dar servicio durante el 2003, operando a una velocidad de 430 km/h. Del desempeño de esta línea dependerá en buena medida la posible inversión en líneas de este tipo para servicios de larga distancia, especialmente en China a lo largo del corredor de 1,300 km entre Beijing y Shanghai.

Trenes de Levitación Magnética.

Los vehículos de levitación magnética comenzaron a estudiarse desde la década de los 70's. Técnicamente, no solo se trata de que el vehículo levite, las fuerzas magnéticas tienen tres funciones: primero, como ya mencionamos, la levitación del vehículo; segundo, impulsar al vehículo; y tercero, hacer que el vehículo se mantenga dentro de la vía a través de una guía lateral. Para esto se cuenta con imanes superconductores tanto en el vehículo como en la vía.



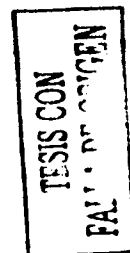
Figura 4.9 - Conceptos Básicos del Funcionamiento "Maglev"⁴³

Al no tener ruedas ni contacto con ningún tipo de vía, la única fricción que este tipo de trenes tienen que enfrentar es la del aire. Esto permite que alcancen velocidades más altas que los trenes de rueda sobre riel y además, los vehículos prácticamente no experimentan ningún desgaste. Energéticamente son más eficientes que los trenes convencionales, especialmente a altas velocidades.

Los motores no se encuentran dentro del tren, sino en la vía. Al frenar, el motor opera como un generador, permitiendo que no se desperdicie esta energía. Los motores tienen mayor potencia en los tramos de la vía en los que el tren requiere de mayores aceleraciones, pero poca potencia en otros tramos, como por ejemplo, en donde se cuenta con pendiente a favor.

Estos trenes no solo alcanzan mayores velocidades que los Trenes Convencionales de Alta Velocidad ("TCAV"), sino que también la alcanzan más rápidamente. Por ejemplo, según *Transrapid* (compañía alemana que desarrolla

⁴³ Fuente: Railway Technical Research Institute



este tipo de trenes), sus trenes alcanzan los 300 km/h en 5 km, mientras que un ICE (tren de alta velocidad alemán) requiere de 30 km para alcanzar esta velocidad. Esta característica hace que este tipo de sistemas puedan aprovecharse también en corredores de distancias menores.

En cuanto a la vía, es más cara que las vías para los TCAV, sin embargo, estos trenes pueden enfrentar pendientes en contra de hasta 10% (contra aproximadamente un 4% para los TCAV) y radios de curvatura menores que los que requieren las vías de los TCAV. Esto le da mayor flexibilidad al trazado, abaratando costos al requerir de menos obras como túneles y puentes. También se pueden abaratar costos de derecho de vía, ya que al tener más opciones en el trazado, es más factible evitar que el tren pase por terrenos de alto valor económico, ecológico, o social.

4.6.2.- Financiamiento: Asunto Público o Privado.

Para analizar la problemática del financiamiento de este tipo de proyectos ferroviarios es útil observar tres niveles de los que está compuesto:

- Viabilidad Económica (sector público)
- Viabilidad Comercial (sector privado)
- Viabilidad Financiera

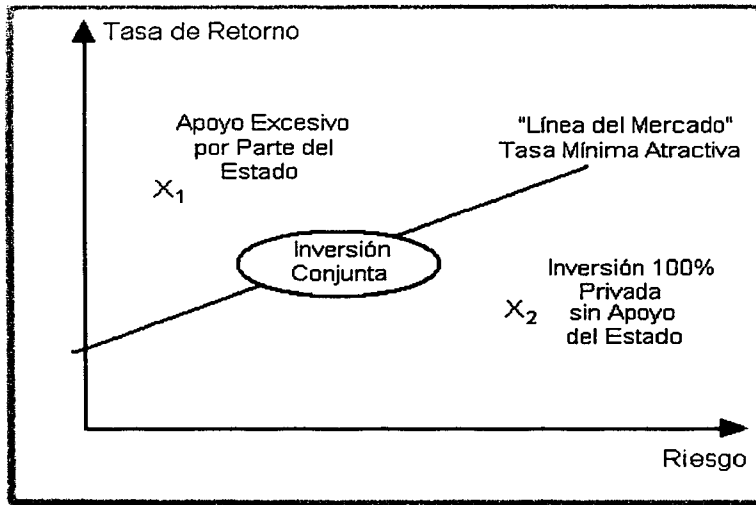
En el nivel de la viabilidad económica deben estudiarse los costos y beneficios a nivel global. Para que el proyecto sea viable económicamente es necesario asegurarse de que los beneficios totales sean mayores que los costos. Sin embargo, no es todavía necesario tomar en cuenta quien va a asumir los costos y quien va a disfrutar de los beneficios.

Sin embargo, el que un proyecto sea viable económicamente no implica que este listo para llevarse a cabo. Normalmente los gobiernos tienen presupuestos limitados por los muchos compromisos que tienen, de muy distintos tipos. También por todos estos distintos tipos de compromisos que deben enfrentar, su administración suele ser menos eficiente. Por ello es deseable que exista una inversión conjunta por parte de los sectores público y privado. Así resulta necesario estudiar la viabilidad comercial del proyecto, se debe observar en que medida podrá compartir el sector privado costos, riesgos y beneficios.

El problema radica en que los proyectos de ferrocarriles de alta velocidad presentan riesgos muy altos para una inversión 100% privada, debido a factores como el largo período de construcción, los altos costos que puede tener el conseguir el derecho de paso y los conflictos que esto puede provocar; además de una demanda incierta por parte del mercado, lo cual acarrea a una también incierta recuperación de la inversión. Además para el sector público los riesgos y beneficios se presentan de distinta forma. Generalmente los horizontes de planeación para el sector público son más largos, por lo que el que los beneficios

no se obtengan de forma rápida no es tanto problema y suele obtener crédito con menores tasas. El sector público también debe considerar los beneficios de carácter social y estos normalmente justifican una parte importante de los costos, pero al sector privado este tipo de beneficios generalmente no le sirven de mucho.

Considerando estas características, se debe ofrecer al sector privado un esquema que le ofrezca una atractiva tasa de retorno en relación al riesgo que asuma. Pero tampoco debe caer el estado en presentar esquemas sumamente proteccionistas que ofrezcan al inversor privado una muy alta tasa de retorno sin asumir casi ningún riesgo. Esto lo podemos ver representado en la siguiente figura:



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 4.10 - Esquema de Inversión Conjunta con Equilibrio de Riesgos y Tasa de Retorno ⁴⁴

4.7.- Las Estaciones de Ferrocarril Hoy

Las estaciones de ferrocarril representan una importante oportunidad para las ciudades, debido a la gran atracción de actividad económica y social que pueden generar. Las estaciones ferroviarias generan fuertes impactos sobre la zona de la ciudad inmediatamente adyacente, con una planeación adecuada y la suficiente inversión, estos impactos pueden ser favorables para la ciudad. Para las compañías ferroviarias también resulta muy importante la inversión que se

⁴⁴ Fuente: Elaboración propia

realice en las zonas adyacentes a las estaciones, en particular, en cuanto a las conexiones de la estación con las redes de transporte local, urbano y regional.

Así, las estaciones de ferrocarril son la piedra angular de una compleja estructura. No importa que tan atractivas y elegantes se vean, si no están ligadas a las redes de transporte locales y regionales, resultan muy poco útiles. Las estaciones de ferrocarril, desde hace tiempo han dejado de ser simples instalaciones en las cuales los pasajeros toman o cambian de tren; son "entidades híbridas".

Hoy en día, las estaciones de ferrocarril tienen una serie de funciones adicionales, que van desde ser centros comerciales, centros de negocios y también centros de diversión y distracción. De esta forma, las compañías de ferrocarril encuentran otra forma de aprovechar su buena localización dentro de una ciudad para obtener más ingresos. Esta no es la única razón por la que decimos que el potencial de las estaciones de tren tiene todavía mucho que dar; las "entidades híbridas" seguirán mutando y tienen todavía un enorme desarrollo por delante. Esta es una tendencia común entre aeropuertos y estaciones de ferrocarril.

Los ingresos provenientes de actividades ajenas a la aviación han ganado mucha importancia para los aeropuertos; de la misma forma que los ingresos provenientes de rentas, publicidad, servicios y áreas comerciales se ha vuelto cada vez más importantes para las compañías de ferrocarril. Pero las crecientes similitudes entre aeropuertos y estaciones de ferrocarril no terminan aquí. De hecho, los servicios demandados por pasajeros y visitantes de una estación de ferrocarril, son cada vez más similares a los servicios demandados usuarios de un aeropuerto.

Por otro lado, los viajeros frecuentes al decidir si viajan por tren o por avión, cada vez dan más importancia al factor tiempo, siendo la clave en este aspecto, el tiempo de viaje total, es decir "puerta a puerta". Así, estaciones de tren y aeropuertos comparten a un grupo de clientes, cuestión que hace que las demandas de los usuarios en ambos tipos de estaciones sean similares.

También hay que tomar en cuenta que las nuevas tecnologías de información y especialmente el comercio electrónico, han cambiado notablemente la forma en que trabajan las estaciones ferroviarias. Las nuevas tecnologías han hecho cada vez menos necesaria la venta de boletos a través de un vendedor en una ventanilla, hoy en día casi todas las ventas pueden ser atendidas por máquinas en conjunción con sistemas electrónicos. El próximo paso será que los boletos puedan ser adquiridos prácticamente en cualquier parte a través de franquicias, o incluso vía internet.

A pesar que las compañías de ferrocarril y los sectores a los que dan servicio, generalmente desarrollan sus actividades dentro de las fronteras de un país, tarde o temprano tendrán que establecer alianzas de expansión, con sus

correspondientes beneficios, los cuales no son únicamente para el usuario. Se prevé que estas alianzas no sean exclusivamente entre compañías de ferrocarril, sino también con compañías aéreas. Así, los viajeros frecuentes podrán gozar de mejores precios no solo en el transporte aéreo, sino en ambos modos de transporte trabajando como un solo sistema, contando además con los mismos niveles de servicio en ambos modos. Las estaciones de tren tendrán que trabajar en proveer servicios como salones de conferencias y ambientes de oficina en donde la gente pueda trabajar.

Otra de las razones por las que las estaciones de tren se parecen cada vez más a los aeropuertos es por razones de costos. Las áreas de circulación y en particular, las áreas de espera de pasajeros se están reduciendo lo más posible, sin descuidar aspectos como la comodidad, la seguridad y en general los niveles de servicio requeridos por los usuarios de las estaciones, al mismo tiempo que más área se dedica a fines comerciales; lo cual hace de la estación un sitio más atractivo para los usuarios sin tener un impacto negativo sobre la funcionalidad de la terminal.

En esta época, la clave para el éxito de las estaciones de ferrocarril es el número total de personas a las que atiendan cada día. Es muy importante considerar el enorme poder adquisitivo que puede tener el grupo de personas que se encuentre dentro de un espacio relativamente pequeño. Esta consideración resulta primordial a la hora de decidir el tipo de servicios que en la estación se habrán de brindar. Tal vez no hará falta decir que también debe de haber hoteles en o alrededor de la estación.

Servicios combinados Ferrocarril - Avión

Desde finales de la década de los años sesenta comienzan a plantearse para los servicios aéreos, los problemas de accesibilidad del aeropuerto desde la ciudad y viceversa. El creciente alejamiento de las ciudades de los servicios aéreos, por obvias razones de calidad ambiental y de ecología, reduce considerablemente el atractivo de la prestación del servicio aéreo, y lógicamente se piensa en el ferrocarril como modo complementario para comunicar la estación aérea con la conurbación.

Las primeras realizaciones (aeropuertos de Bruselas, Berlín, en Londres Heathrow y Gatwick, Tokio, etc.), se diseñan con el objetivo exclusivo de una relación suburbana entre el aeropuerto y la ciudad. Bajo este concepto, los trenes de servicio del aeropuerto obedecen al concepto prácticamente de lanzadera entre las terminales de la ciudad y el aeropuerto con trenes cadenciados y composición adecuada a lo largo de la jornada a las fluctuaciones de la demanda del ferrocarril.

Al cabo del tiempo de este tipo de servicio, se tiene la suficiente experiencia, como para detectar la inadecuación de las soluciones en lanzadera para conexión del aeropuerto con una ciudad.

Modernamente se ha abandonado este concepto de servicio exclusivo para el aeropuerto de la línea y se tiende a situar las estaciones, como simples apeaderos intermedios de líneas suburbanas, regionales e incluso de larga distancia. La terminal aeroportuaria es así un eslabón más dentro del servicio pero no la base exclusiva del mismo.

En países con aeropuertos que sirven a una serie de ciudades importantes, que se encuentran situadas a distancias comprendidas entre 50 y 200 km de aquél, la disposición de una o varias líneas que pasan por el aeropuerto, ha producido una buena acogida por parte del público, al estilo de los aeropuertos de Zürich y Ámsterdam. En estos casos el ferrocarril se constituye en un excelente modo complementario para dispersión y concentración de viajeros de avión hacia y desde el aeropuerto.

Capítulo 5

Multimodalismo del Transporte Aéreo y Terrestre

El multimodalismo en aeropuertos obedece realmente a la necesidad de hacer un cambio conceptual del transporte de pasajeros. No se trata solamente de poner más atención que antes en el sistema de acceso debido éste sea cada vez más problemático, es toda una forma de dar servicio a los pasajeros por parte del aeropuerto. Al desarrollar al aeropuerto como una estación multimodal, el avión y los modos de transporte terrestre, no entran en competencia sino en complemento, se busca que cada modo de transporte se concentre en prestar los servicios para los cuales ofrece mayores ventajas. Con esto se hace al aeropuerto mucho más versátil y competitivo en beneficio de los usuarios. Además, se puede observar que al dejar de estar los modos de transporte terrestre subordinados al movimiento aéreo, el edificio de pasajeros no funciona ya tan solo para los pasajeros de un aéreo, llegará a ser utilizado también por viajeros que se muevan exclusivamente a través de modos terrestres, factor que no debe ser visto como un peligro, sino que debe aprovecharse en favor del aeropuerto.

5.1.- Marco de Referencia para la Evaluación de Estaciones Multimodales

Las estaciones de pasajeros son medios específicamente diseñados para realizar transferencias, ya sea entre diferentes vehículos de un mismo modo de transporte, o de un modo de transporte a otro. En un viaje de cualquier tipo de pasajero, las transferencias son vista como obstáculos. Los estudios estadísticos han comprobado, que tal como se intuye, las transferencias son uno de los aspectos más negativos para los pasajeros. Por cuestiones operativas, modos de transporte como autobuses, trenes y aviones; comúnmente requerirán de transferencias para transportar a los pasajeros. La experiencia demuestra que cuando el proceso de transferencia se facilita, tanto la satisfacción de los usuarios como la cantidad de pasajeros que realizan el viaje, tienden a aumentar notablemente. Ya que las transferencias son necesarias, es de gran importancia hacerlas tan fáciles, rápidas y cómodas como sea posible. Existen dos rubros básicos para mejorar las transferencias, el de las instalaciones, y el de las operaciones. Para ofrecer buenos servicios de transporte multimodal es vital contar con acuerdos interinstitucionales.

El diseño de los sistemas de transporte, incluyendo el diseño de las instalaciones de transferencias, debe incluir la proposición y evaluación de distintas opciones para su comparación. La evaluación siempre requiere juicio. En los sistemas de transporte, las instalaciones de transferencia son una de las componentes más complejas, ya que presentan cientos de elementos a tomarse en cuenta para el diseño. Todos estos elementos deben ser apropiadamente ponderados para que el proyecto elegido sea el mejor posible.

Al decidir si vale la pena invertir en nueva infraestructura de transporte, se debe comparar el beneficio que los usuarios obtendrán gracias a esa nueva infraestructura y el que obtendrían sin ella; es decir el incremento en los beneficios al grupo de usuarios al que uno se dirige. Para calcular el beneficio total que esta alternativa generaría será necesario conocer el número de usuarios que habrá, es decir el número de usuarios actuales más los nuevos usuarios que podrán existir, (para ello se requieren pronósticos de demanda).

Principios de Localización de Estaciones Multimodales

Los dos objetivos principales que se deben tener en cuenta al ubicar una estación de transporte multimodal son:

- Facilitar el acceso de los mercados ya existentes de los distintos modos de transporte.
- Generar el mayor potencial de transferencias entre los distintos modos.

Evidentemente se tienen que tomar en cuenta la disponibilidad de terrenos, costos, impacto ambiental, la protección de sitios históricos, etc. La selección del sitio adecuado afecta en forma importante a la consecución de prácticamente todos los objetivos generales que puede tener una estación multimodal de transporte. Cualquier estación de transporte será juzgada por su capacidad para servir a los pasajeros, y su localización siempre será un aspecto crítico en cuanto a la calidad de ese servicio.

Para proceder de forma más clara y objetiva al seleccionar un sitio, es conveniente establecer de antemano los criterios de selección y determinar la importancia relativa que cada uno de ellos tiene.

Al darle valores numéricos a la importancia de cada criterio se puede evaluar numéricamente a cada una de las propuestas. La determinación del valor numérico que se le asigne a cada criterio de selección seguirá siendo un proceso subjetivo que requiere de juicio y del cual siempre se podrá discrepar. Sin embargo, la comparación entre las distintas opciones siempre será más objetiva y sobretodo, más clara. Como ejemplo se muestra la evaluación de una estación multimodal en Jacksonville EUA, donde se establecieron los criterios mostrados en la tabla 5.1.

Criterio	Importancia (1 - 5)
Tener acceso directo a una o más carreteras importantes entre las existentes y las que se tengan planeadas, ya sean interestatales, o una vía principal del estado.	4.50
Ubicar la estación en donde existan vías del ferrocarril o se tenga ya el derecho de paso para éste, para minimizar o eliminar la adquisición de estos derechos y la construcción de vías.	4.50
Localizarla en un sitio en donde se cumpla con todos los requisitos necesarios para el acceso de todos los modos que el programa contemple tanto para el presente, como para el futuro.	4.47
Ubicarla donde sea compatible con el movimiento de tránsito en carreteras locales y regionales, existentes y propuestas.	4.05
Localizarla donde pueda complementar al futuro sistema principal de movimiento de personas que opere en el centro de la ciudad.	3.95
Ubicarla de forma que sea visible al irse aproximando a ella a través de las carreteras.	3.95
Ubicarla de tal forma que sea accesible y segura para el acceso de bicicletas y peatones.	3.00

Tabla 5.1 - Evaluación de Prioridades para el Diseño de una Estación Multimodal en Jacksonville, EUA.⁴⁵

5.2.- Características del Edificio de Pasajeros de un Aeropuerto

Antes de hablar de multimodalismo en aeropuertos, es necesario entender las funciones básicas del edificio de pasajeros. Un aeropuerto está dividido en dos zonas principales, la aeronáutica y la terrestre; la conexión entre estas dos zonas se da en el edificio de pasajeros. Este edificio incluye instalaciones para el movimiento de pasajeros, la manipulación de la carga, y la conservación y administración del aeropuerto.

La conexión principal entre el acceso al aeropuerto y el avión es el sistema de tratamiento de pasajeros; su propósito es:

1. Establecer enlace con el modo de acceso y salida del pasajero del aeropuerto.
2. Acoger al viajero que inicia o acaba su transporte aéreo y
3. Transportarlo desde o hacia el avión.

⁴⁵ Fuente: Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities, Capítulo 3. HOROWITZ, Alan J. Center for Urban Transportation Studies. University of Wisconsin. 1994.

5.2.1.- Sistema de Tratamiento de Pasajeros

El sistema de tratamiento de pasajeros se compone de tres partes principales. Estas y las actividades que tienen lugar en cada una de ellas son las siguientes:

1. **Conexión con los accesos.-** El pasajero pasa de su modo de viaje terrestre en el que accede al aeropuerto, a la componente de tramitación de pasajeros; aquí se realizan actividades como: circulación, estacionamiento y ascenso y descenso de pasajeros en el edificio.
2. **Tramitación.-** En esta componente el viajero realiza los trámites necesarios para iniciar o acabar el vuelo. Las actividades principales que tienen lugar aquí son: esperas, expedición y recepción de boletos, facturación del equipaje, entrega de equipaje y control.
3. **Conexión con el vuelo.-** El viajero pasa, una vez realizados sus trámites, al avión. Las actividades que tienen lugar en esta componente son: la concentración de viajeros, esperas, circulación y embarque y desembarque del pasaje.

Para que este sistema funcione adecuadamente se requiere de una serie de instalaciones, que según cada etapa son las siguientes:

1. **Conexión con los accesos.**
 - a) Aceras anchas y con suficiente longitud en las llegadas y salidas para la subida y bajada de aquellos pasajeros que utilizan el automóvil como medio de acceso al aeropuerto.
 - b) Conexiones suficientes con los diferentes estacionamientos situados en el aeropuerto, tales como pasos peatonales, autobuses o sistemas de transporte automático.
 - c) Instalaciones para embarque y desembarque de pasajeros que utilizan transportes masivos de acceso al aeropuerto; tales como paradas y estacionamientos de autobuses y andenes para servicios ferroviarios.
2. **Tramitación**
 - a) Mostradores para la expedición y recepción de boletos y facturación de equipajes por las compañías aéreas.

- b) Mostradores para actividades de control tales como: seguridad, aduanas, sanidad e inmigración.
- c) Instalaciones para la entrega de equipajes.

Para poder atender todas las actividades mencionadas se necesitan otra serie de instalaciones tales como:

- d) Espacio suficiente para la circulación de todos los usuarios del edificio.
- e) Salas de espera y descanso.
- f) Todo tipo de servicios requeridos, incluyendo baños, teléfonos públicos, enfermería, servicio postal y reservación de hoteles y automóviles, etc.
- g) Indicadores de los vuelos regulares y otros anuncios relacionados con los vuelos; así como las direcciones dentro del edificio.
- h) Instalaciones para el consumo de alimentos y bebidas, incluyendo restaurantes, cafeterías, bares y máquinas de alimentos.
- i) Concesiones, incluyendo puestos de periódicos y revistas, bancos, alquiler de coches, seguros y tiendas libres de impuestos (en los aeropuertos internacionales).
- j) Instalaciones para los visitantes, salas y salones especiales.

3. Conexión con el vuelo

- a) Espacio para reunir a los pasajeros ante las puertas de salida hacia el avión.
- b) Medios de transporte, incluyendo escaleras mecánicas, bandas transportadoras, autobuses o cualquier otro medio, dependiendo del concepto que se haya utilizado en el tratamiento de pasajeros.
- c) Instalaciones de embarque, incluyendo pasarelas telescópicas, puentes de proa, escaleras o escaleras mecánicas.
- d) Medio de transporte para pasajeros en tránsito, incluyendo corredores y zonas de espera.

5.2.2.- Criterios de Diseño para el Edificio de Pasajeros

Al proyectar edificios de pasajeros se pueden establecer dos conjuntos de criterios a diferentes niveles, uno más general y otro más específico.

El primero es el conjunto de criterios generales, para la evaluación de proyectos preeliminares y selección de entre las diferentes opciones posibles. El segundo es un conjunto de criterios específicos de diseño que se utilizan para desarrollar proyectos que ya hayan sido considerados como aceptables por los análisis preliminares.

Los criterios generales más importantes para la evaluación conceptual de la planificación de una edificio de pasajeros son:

- 1.- Posibilidad de atender las demandas previstas.
- 2.- Compatibilidad con la operación de las aerolíneas.
- 3.- Compatibilidad con los tipos de aeronaves previstas.
- 3.- Flexibilidad para el crecimiento y respuesta a los cambios tecnológicos.
- 4.- Compatibilidad con el sistema de acceso terrestre.
- 5.- Compatibilidad con el sistema de calles de rodaje y plataformas.
- 6.- Compatibilidad con la totalidad del plan maestro.
- 7.- Provisión para las demoras.
- 8.- Viabilidad financiera y económica.

Algunos criterios de diseño más cuantitativos que deben considerarse son:

- 1.- Costo del tratamiento por pasajero.
- 2.- Distancias y tiempos de recorrido para todos los usuarios.
- 3.- Demora de los pasajeros en fases de trámites.
- 4.- Niveles de ocupación tanto estáticas (salas de espera) como dinámicas (pasillos)
- 5.- Demoras debidas a las maniobras de las aeronaves y costos correspondientes.
- 6.- Costos de construcción.
- 7.- Costos de operación y mantenimientos
- 8.- Ingresos posibles (concesiones y otros)

Al considerar todos estos criterios y algunos más que puedan ser importantes dada la misión del aeropuerto, pueden evaluarse analíticamente las distintas opciones que se tengan.

También pueden plantearse objetivos según a quien estén dirigidos.

Los objetivos en relación con los pasajeros incluyen:

- Minimizar el retraso y molestias en los servicios de documentación y trámites, tanto para los pasajeros de llegadas como para los de salidas.
 - Minimizar las distancias a recorrer por los pasajeros tanto en la conexión con los accesos como con el vuelo.
- Protección contra la intemperie a lo largo de todo el sistema de tratamiento de pasajeros.

Los objetivos en relación con las aerolíneas deberán incluir:

- Minimizar los costos operacionales por pasajero atendido.
- Obtener la mayor capacidad por el dinero invertido.
- Minimizar las demoras en las operaciones aeronáuticas.

Entre los objetivos en relación con los pasajeros podríamos agregar uno más. La explotación comercial de un aeropuerto es, por un lado, una muy importante fuente de ingresos para la administración; pero además, por el otro,

hacen más amena la estancia de los usuarios en el aeropuerto. Esto último también debe ser considerado como un objetivo en relación con los pasajeros. Si la estancia de los pasajeros en el aeropuerto es agradable, el concepto general de viajar se vuelve más atractivo para ellos. El edificio de pasajeros de un aeropuerto puede además estar conectado con centros comerciales (que a su vez se han convertido también en centros de entretenimiento), auditorios, centros de exposiciones, y por supuesto centros de negocios y hoteles

Es evidente que las salas de espera son espacios necesarios debido a las características del flujo de pasajeros en la zona de conexión con el vuelo. En esta zona, el flujo de llegada de los pasajeros es continuo, sin embargo, el flujo para abordar los aviones es un flujo discreto, es decir, en bloques. La función de las salas de espera es la de regular la transición entre estos dos tipos de flujo. Pero las salas de espera pueden requerir una gran cantidad de espacio dentro del edificio de pasajeros, y en comparación con las zonas comerciales son espacios poco rentables. Por esta razón el espacio de las salas de espera no debe ser más que el necesario y así poder contar más espacios rentables para la administración del aeropuerto, que además hacen menos pesada la estancia de los pasajeros. Sin embargo, sería un gran error hacerlo en detrimento la ergonomía y funcionalidad del edificio de pasajeros.

Lo primero que interesa a los pasajeros al llegar al aeropuerto, es registrarse, facturar el equipaje y recibir sus pases de abordar. Una vez realizados sus trámites, los pasajeros estarán un poco más tranquilos y entonces si, se dedicarán a otras actividades que puedan generar ingresos para el aeropuerto. Pero el pasajero siempre tendrá en mente, que la razón por la que está ahí es para tomar su avión, por ello, no se sentirá tranquilo si se siente desubicado (tanto en el espacio como en el tiempo) dentro del edificio, es importante que el pasajero sepa en donde está y como moverse. De ahí que las conexiones entre las distintas zonas del edificio deben ser lo más claras y simples posibles, y con buenas señalización. También son importantes los relojes para que el pasajero pueda saber siempre la hora local y el tiempo con el que cuenta.

5.2.3.- Concepto de Distribución Vertical

La razón para distribuir las actividades principales del proceso, en un edificio de pasajeros, en varios niveles, es principalmente separar los flujos de pasajeros de llegadas y de salidas; y de vuelos nacionales e internacionales en el caso de los aeropuertos internacionales. La decisión sobre cuantos niveles debe tener esta instalación depende principalmente del volumen de pasajeros. También está relacionado con el tipo de vuelos (exclusivamente nacional o nacional e internacional), por el plan director del área terrestre y por el concepto de tramitación utilizado.

Utilizando el sistema de nivel único, todo el proceso, tanto de pasajeros como de equipajes tiene lugar al nivel del estacionamiento. La separación entre

flujos de llegadas y salidas se consigue horizontalmente. Las zonas de servicios y de funciones administrativas pueden situarse en un segundo nivel. Con este sistema se utilizan escalerillas en la plataforma para que los pasajeros asciendan y desciendan del avión. Por esto, el sistema resulta económico, pero aconsejable únicamente para aeropuertos de volúmenes relativamente pequeños, se aconseja que en general no excedan del millón de pasajeros al año.

Los sistemas de edificios de pasajeros de uno y medio o dos niveles pueden proyectarse de distintas formas. La primera ventaja que ofrece el tratamiento de los pasajeros en un nivel superior del edificio de pasajeros, es la de la compatibilidad con las alturas de las puertas de las aeronaves, lo cual permite un adecuado enlace con el avión. La separación de los flujos de llegadas nacionales e internacionales casi siempre se hace en sentido horizontal.

En los edificios de uno y medio niveles, la conexión con el sistema de acceso terrestre suele presentarse únicamente en el nivel inferior, en donde también se lleva a cabo el manejo de equipaje. Por lo tanto, es en éste nivel donde los pasajeros de salidas facturan su equipaje al mismo tiempo que se registran y reciben su pase de abordar. Una vez hechos estos primeros trámites, ya tan solo con su equipaje de mano, pasan al nivel superior donde abordarán el avión. Los pasajeros de llegadas generalmente entran al edificio en el nivel superior. En vuelos internacionales, lo primero que deben de hacer es pasar al área de migración, lo cual puede hacerse en cualquiera de los dos niveles. Posteriormente, tanto nacionales como internacionales, pasan a recoger su equipaje, lo cual por lo general se hace en el nivel inferior. De esta forma, el flujo vertical se lleva a cabo con la menor cantidad posible de equipaje.

El sistema de dos niveles brinda la oportunidad de separar completamente los flujos de pasajeros de llegadas y de salidas, eliminando la necesidad de cambios de nivel dentro del edificio por parte de los pasajeros. Todas las actividades correspondientes al tratamiento de los pasajeros de salidas, incluyendo la facturación del equipaje, se suelen llevar a cabo en el nivel superior; y todas las correspondientes a los pasajeros de llegadas, se efectúan en el nivel inferior. Para que el edificio funcione así, es necesario que las vías de acceso terrestres están conectadas directamente a los dos niveles. Sin embargo, los pasajeros y acompañantes que utilicen los estacionamientos probablemente si tendrán que trasladarse entre niveles, ya sea dentro del edificio de pasajeros o fuera de él.

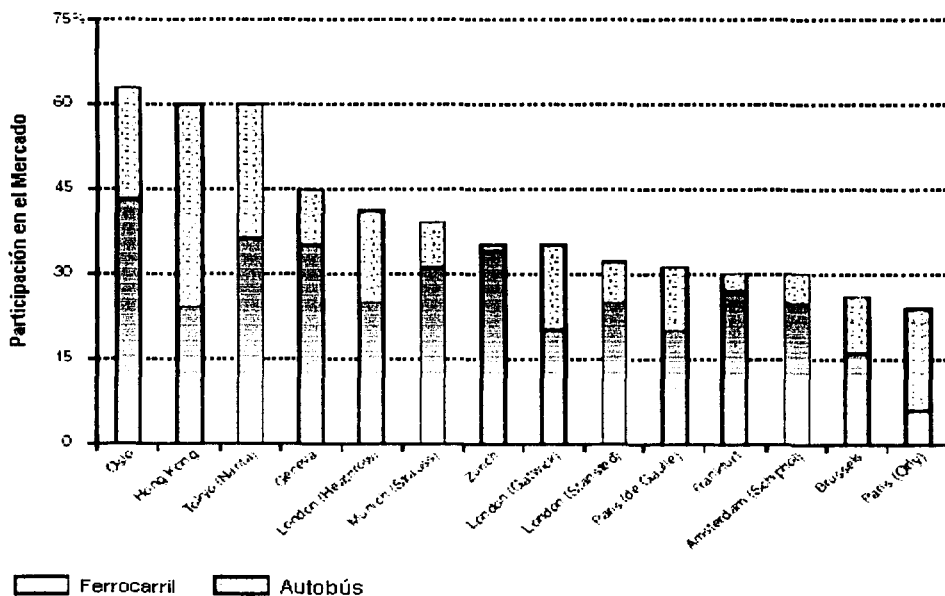
En el caso de conexiones ferroviarias o metro, una posibilidad es la de utilizar un piso subterráneo o de entresuelo, para conectar a este modo de acceso terrestre con el aeropuerto. Así el edificio puede considerarse como de tres niveles, tiene la ventaja de reducir las distancias que los usuarios deben recorrer, pero hace del tránsito vertical algo más complejo. Cuando el edificio de pasajeros ya está construido, generalmente resulta necesario ubicar la estación ferroviaria a un costado del edificio de pasajeros, esto puede ocasionar que los usuarios tengan que recorrer grandes distancias, y el problema puede ser aún mayor si la

estructura del edificio de pasajeros es descentralizada (es decir, que cuente con varios edificios). En ocasiones es necesario contar con servicios internos de autobús, que trasladen a los pasajeros de una zona a otra.

Al diseñar, no importa de cuantos niveles sea el edificio o que tipo de estructura tenga, se debe tener mucho cuidado de crear conexiones adecuadas.

5.3.- Aeropuertos con un Importante Sistema de Acceso a través de Modos de Transporte Masivo

Los modos de transporte masivo que pueden dar acceso a un aeropuertos son básicamente los autobuses y el ferrocarril. En la siguiente gráfica se presenta una muestra compuesta por los catorce aeropuertos con la mayor participación porcentual del transporte masivo en su sistema de acceso en 1999.



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 5.1 - Participación del Ferrocarril y el Autobús en Sistemas de Acceso de algunos Aeropuertos Seleccionados⁴⁶

⁴⁶ Fuente: Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000

Como se puede ver en la figura 5.1, el aeropuerto de Oslo es el que presentó un mayor acceso terrestre a través de modos de transporte masivo con un total de 63%, seguido muy de cerca por Hong Kong y Tokyo – Narita. Es interesante ver que de esta muestra, solo en los casos de Hong Kong y Paris Orly, es mayor la participación del autobús que la del ferrocarril.

De estos catorce aeropuertos de la muestra se describirá el caso de diez que resaltan ya sea por su importancia general, o por las características particulares de sus sistema de acceso. En cada uno de estos aeropuertos existen cuatro elementos que resultan clave para analizar el funcionamiento de sus sistema de acceso. Estos son:

- Servicios de Traslado al Aeropuerto
- Integración del Aeropuerto con los Sistemas Local y Regional de Transporte
- Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto
- Estrategia para el manejo de equipaje

Aeropuerto de Oslo

El nuevo aeropuerto de Oslo fue inaugurado en 1998 en Gardermoen; en 1999 dio servicio a 14 millones de pasajeros. Se encuentra a aproximadamente 50 km del centro de la ciudad, el tiempo de viaje al aeropuerto en taxi normalmente es de 45 minutos. Dada la distancia a la que se encuentra de la ciudad, los servicios de tránsito de alta velocidad tienen una importante ventaja sobre el servicio de taxis. Las autoridades noruegas plantearon como objetivo que el 50% de los viajes de acceso al aeropuerto se realizaran mediante el servicio ferroviario; en 1999 el 43% fueron por este modo, un 20% por de autobuses y un 5% en de taxis.

La inversión para este nuevo aeropuerto fue de 1.5 billones (1500 millones) de dólares y otros 900 millones para la conexión ferroviaria. De estos 900 millones, 720 fueron para la infraestructura ferroviaria y 180 para el material rodante. El gobierno financió a través de préstamos el 90% del costo total del proyecto.

Servicios de Traslado al Aeropuerto: En el aeropuerto dan servicio tanto el 'Express del Aeropuerto de Oslo' como los trenes nacionales normales. El Express de Oslo está diseñado para operar hasta a 190 km/h, al igual que el servicio interurbano que existe en Noruega; el sistema está diseñado para que, una vez terminado un túnel nuevo de 14 kilómetros, el viaje de 50 km al centro de

la ciudad (Estación Central) tome unos 19 minutos. En 1999, al no estar terminado el túnel, este viaje duraba unos 33 minutos y su costo era el equivalente a US\$ 11.60 (Nkr 90); mientras que el autobús, saliendo cada 10 minutos, hacía el viaje en 55 minutos, a un precio de US\$ 8.40 (Nkr 65). En 1999 el servicio del tren expreso atrajo a un 38% del mercado, mientras que el servicio convencional de trenes atrajo al 5%, dando un total de 43%, siendo así el servicio ferroviario con mayor porcentaje de participación en el sistema de acceso a un aeropuerto.

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: El 'Express del aeropuerto de Oslo' está enfocado a dar servicio a los usuarios del transporte aéreo, conectando al aeropuerto únicamente con la Estación Central de Oslo. En dicha estación, los pasajeros pueden encontrar conexiones de calidad con el resto del sistema de transporte regional y nacional. El Ferrocarril Noruego también brinda el servicio directo desde el aeropuerto con la zona suroeste de Oslo y con la región norte del país, además de ir también al centro de Oslo.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: El edificio de pasajeros del aeropuerto está diseñado de forma centralizada. La estación de ferrocarril se encuentra en el sótano del edificio. El área de mostradores y la zona de recolección de equipajes están conectadas a través de escaleras eléctricas con la estación de ferrocarril debajo de ellas, así las distancias que se deben recorrer son mínimas.

Estrategia para el manejo de equipaje: No se cuenta con zonas de facturación de equipajes ni de recuperación fuera del edificio de pasajeros del aeropuerto, pero el tren está diseñado de forma que cada asiento se encuentre frente a una repisa para el equipaje. La posibilidad de contar con un sistema de recolección de equipaje externo al aeropuerto es pequeña, debido a la preocupación por la seguridad, principalmente por parte de las aerolíneas. Únicamente las Aerolíneas Escandinavas ofrecen el servicio de mostrador en la Estación Central de Oslo a los pasajeros que no van a facturar equipaje

Características del Mercado: La estrategia de mercado del tren expreso se enfoca fuertemente en las necesidades del viajero de negocios, un 58% de los usuarios del ferrocarril lo hacen por esta razón. Un gran esfuerzo se ha hecho por vender boletos directamente a las empresas y organismos en general cuyos empleados viajan.

Aeropuerto de Hong-Kong

El aeropuerto de Hong-Kong se encuentra a 35 km de la isla de Hong-Kong, se ofrece una amplia variedad de servicios de transporte terrestre. El servicio de taxi del aeropuerto a la isla tiene un costo de US \$45.15 (HK \$350), con una duración de 30 minutos en condiciones óptimas, pero que puede tomar mucho más tiempo cuando las carreteras están congestionadas. Un nuevo sistema

carretero ha sido construido para llegar al aeropuerto con mucho menos problemas de tránsito.

Servicios de Traslado al Aeropuerto: El servicio ferroviario atiende al 24% del mercado del sistema de acceso a este aeropuerto. El 'Express del Aeropuerto de Hong-Kong' sale cada 8 minutos con destino a tres estaciones, Hong-Kong Central (US \$9.05 = HK \$70), Kowloon (US \$7.75) y Tsing Yi (US \$5.15). El tiempo de viaje entre la estación Hong-Kong Central y el aeropuerto es de 23 min. Este tren es operado por la Corporación de Tránsito Ferroviario Masivo (CTFM o MTRC en inglés) En el interior de los vagones del tren, se brindan muchas comodidades a los pasajeros.

El servicio de autobuses conecta al aeropuerto con todos los grandes hoteles de Hong-Kong y Kowloon. Este servicio de autobús a los hoteles se da por US \$5.15 (HK \$40). Otro servicio es el de Citybus, que opera a través de distintas rutas, ofreciendo precios que varían de US \$1.30 a US \$2.30. También existe un autobús que conecta al aeropuerto con la línea de ferrocarril Tung Hung, también operada por la CTFM. En suma, el servicio de autobuses transporta al 36% de los usuarios del sistema de acceso terrestre al aeropuerto

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: La mayoría de las conexiones con sitios dentro de la isla de Hong-Kong se llevan a cabo en la estación central, mientras que las conexiones hacia el norte se llevan a cabo principalmente en la estación Tsing Yi. Para solucionar la difícil tarea de distribuir a todos los pasajeros hacia sus destinos finales, la CTFM ofrece el servicio gratuito de autobuses desde las estaciones de Hong-Kong Central y Kowloon hacia los distintos hoteles locales. En estas estaciones, se tiene además una transferencia de muy alto nivel con el servicio de taxis.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: El aeropuerto de Hong-Kong está especialmente diseñado para facilitar este tipo de conexión. Los pasajeros de llegada, toman su equipaje y pasan aduanas en el nivel inferior del aeropuerto, mismo nivel en donde toman el tren que sale del aeropuerto. A los pasajeros de salida, el tren los deja directamente en el segundo nivel del edificio, en donde se encuentran los mostradores y toman su avión, de tal modo que no es necesario subir o bajar escaleras dentro del edificio, y los flujos de entrada y salida están completamente separados en diferentes niveles.

Este aeropuerto actualmente cuenta con 40 posiciones simultáneas en plataforma en su único edificio, que se encuentra contiguo a la estación de ferrocarril. En su expansión, se contempla la construcción de otro edificio de pasajeros del otro lado de la estación de ferrocarriles, con lo cual el aeropuerto operará con una sola estación de ferrocarril de dos niveles conectada a través de estos dos edificios con hasta 100 posiciones simultáneas en plataforma.

Estrategia para el manejo de equipaje: La CTFM desarrolló el primer sistema de registro de pasajeros externo al aeropuerto, utilizado por todas las

aerolíneas que operan en el aeropuerto (un año después, el Express de Heathrow comenzó a dar un servicio similar en la Estación de Paddington en Londres). Así los pasajeros se registran, entregan su equipaje y reciben su pase de abordar en la estación de tren, siendo atendidos por personal de las líneas aéreas. Este servicio lo tienen tanto en la estación de Hong-Kong Central, como en la de Kowloon. El servicio no tiene ningún costo adicional para los usuarios del ferrocarril y es subsidiado por el sistema ferroviario.

Aeropuerto de Tokio Narita

El aeropuerto de Narita, ubicado a 65 km al este del centro de Tokio, atendió a 26 millones de pasajeros en 1997. El aeropuerto cuenta con dos edificios de pasajeros, cada uno cuenta con una estación de ferrocarril. El viaje en automóvil desde el centro de Tokio hasta el aeropuerto puede tomar desde 90 min hasta varias horas. Un taxi puede llegar a cobrar hasta US \$180 (Y 22,000) por el viaje.

Servicios de Traslado al Aeropuerto: El Expreso de Narita de servicio cada media hora a través de la línea férrea JR Este, en un tiempo de 55 minutos al centro de la ciudad. Este tren da servicio de tres clases distintas, con precios desde US \$20 hasta \$35. Una compañía privada de ferrocarril opera el Skyliner de las Ferrovías Keisei, que por US \$15.40 conecta al aeropuerto con dos estaciones en el centro de Tokio. El Narita Express atiende al 14% del mercado y el Skyliner al 10%. Un servicio más lento y con más paradas es ofrecido por trenes más convencionales por precios incluso debajo de los US \$7. En total, el servicio ferroviario atiende a un 36% del mercado.

Los autobuses operan desde la Estación Aérea de la Ciudad de Tokio, desde donde se ofrece el servicio de registro externo por parte de la mayoría de las aerolíneas. La tarifa de estos autobuses es de US \$22.15. También existen otros autobuses que dan el servicio a los hoteles, y cobran unos US \$23.75.

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: Entre los dos servicios de ferrocarril expreso, el aeropuerto se conecta con tres estaciones de ferrocarril en la ciudad. El Expreso de Narita continúa más allá del centro de Tokio hacia otras seis estaciones. El resto de los servicios ferroviarios también tienen varias conexiones con los sistemas de transporte de la región.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: Inicialmente, el aeropuerto de Narita contaba con tan solo un edificio de pasajeros y una estación de ferrocarril. Con la construcción del segundo edificio fue construida una segunda estación de ferrocarril. Las dos estaciones de ferrocarril son subterráneas, pero no se encuentran debajo del edificio de pasajeros, sino a un lado, debajo de la calle de acceso a los edificios. Es necesario caminar aproximadamente unos 150 metros para llegar a los mostradores del área de tramitación.

Estrategia para el manejo de equipaje: Los dos principales servicios de trenes expresos cuentan con un espacio para guardar el equipaje dentro de sus vagones, pero no todos los servicios de trenes lo tienen. El sistema de autobuses si cuenta con el servicio de registro en su terminal de la ciudad, externa al aeropuerto, pero el transporte ferroviario no ofrece esta posibilidad. Sin embargo, el aeropuerto de Narita, tiene un sistema bien desarrollado de entrega de equipaje a domicilio, operado por una compañía privada.

Características de Mercado: El Aeropuerto de Narita es un claro ejemplo de servicios de diferentes costos para un mercado estratificado. En un mismo tren existen tres tipos de asientos diferentes. El mismo trayecto del aeropuerto a la ciudad puede costar desde US \$7 hasta US \$35. En temporada alta, la mayoría de los boletos están reservados con días de anticipación, y en el aeropuerto solo es posible acceder a ellos a través de una lista de espera.

Aeropuerto de Londres - Heathrow

El aeropuerto de Heathrow atendió a 58 millones de pasajeros en 1997, siendo así el aeropuerto con mayor número de pasajeros en toda Europa. Heathrow se encuentra a 26 km al oeste del centro de Londres. Dado su gran crecimiento, este aeropuerto cuenta con una estructura descentralizada compuesta actualmente por cuatro edificios de pasajeros. El viaje en automóvil toma desde unos 45 minutos hasta mas de 1 hora, dependiendo de las condiciones del tránsito. El servicio de taxi cuesta unas £ 40 (US \$65).

Servicios de Traslado al Aeropuerto: En 1998, la BAA (British Airports Authority) comenzó a operar el Heathrow Express de alta velocidad, a través del cual tienen acceso el 11% de los pasajeros aéreos. Otro 14% utiliza la línea Piccadilly del tren subterráneo, dando así un total del 25% para el transporte ferroviario como acceso al aeropuerto.

El Heathrow Express opera cada 15 minutos en un recorrido que dura también 15 minutos hasta la estación de Paddington en el West End de Londres. Este tren puede operar a velocidades máximas de 160 km/h, y todo su equipamiento está especialmente diseñado para los usuarios del transporte aéreo. El precio de este servicio es de £ 10 (US \$16). Fue en 1977 cuando la línea de Piccadilly se conectó al aeropuerto de Heathrow. Este servicio promedia una velocidad de 32 km/h, considerando sus frecuentes paradas, la longitud total de la línea es de 70 km y cuenta con 51 estaciones. El tiempo de recorrido desde el centro de la ciudad varía de 40 minutos a una hora dependiendo de la estación en que se tome. La línea de Piccadilly conecta directamente al aeropuerto con muchas de las zonas más importantes de Londres, y brinda muy buenas conexiones con el resto del servicio de tren subterráneo de Londres. El precio del metro en Londres es de £ 3.4 (US \$5).

Existe una amplia variedad de servicios de autobús en el aeropuerto de Heathrow. Por un lado existen varias rutas de servicio local, principalmente utilizadas por los trabajadores del aeropuerto. También se ha desarrollado un sistema de autobuses que conectan al aeropuerto con las zonas hoteleras del centro de la ciudad. Este servicio, conocido como el Airbus, no da un servicio puerta a puerta con los hoteles, utilizan las paradas comunes de autobús. Dos líneas del Airbus operan en la zona central del aeropuerto, donde se encuentran los edificios 1, 2 y 3; y una tercera opera en el edificio 4. El costo del Airbus es de £ 6 (US \$9).

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: Actualmente, el servicio ferroviario en el aeropuerto se enfoca básicamente en conectar al aeropuerto con el centro de Londres, y no con el sistema ferroviario del país. Varias estrategias están siendo implementadas para conectar al aeropuerto con las líneas ferroviarias nacionales a través de autobuses especiales. Según un estudio, solo el 7% de aquellos que utilizan el transporte público para ir del aeropuerto al centro de Londres se conectan con el sistema ferroviario nacional. Por otro lado, el Heathrow Express ofrece desde la estación de Paddington un autobús hacia los hoteles por £ 2 (US \$3).

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: Dada la existencia de cuatro edificios de pasajeros relativamente alejados, especialmente la última, el sistema de distribución interna del ferrocarril resulta algo complejo. El Heathrow Express utiliza un túnel de doble vía para dar servicio al área central de los tres primeros edificios, y un túnel de una sola vía para conectarse con el cuarto. El diseño está pensado para agregársele otro túnel de doble vía para conectarlo con un futuro quinto edificio. El metro utiliza un sistema de anillo de una sola vía para conectar la zona central con el edificio 4. Pese a que se hace el esfuerzo por dar la información lo más clara posible a los usuarios, para algunos resulta confusa la existencia de dos estaciones para el tren expreso en el aeropuerto.

Por los tiempos en que fueron construidas, no fue posible ubicar la segunda estación de ferrocarril en el sótano del edificio 4, y resulta necesario recorrer una distancia de aproximadamente 150 metros a través de un pasillo subterráneo para llegar a ella. En el caso de los edificios 1, 2 y 3 las distancias son incluso un poco mayores ya que como es una estación compartida, ésta se encuentra más o menos al centro de ellas.

Estrategia para el manejo de equipaje: Desde junio de 1999, se da un servicio completo de registro desde la estación de Paddington, para el Heathrow Express. Actualmente se cuenta con 27 mostradores. Aunque las aerolíneas tienen que pagar la renta por el uso de estos mostradores, el Heathrow Express es el encargado de llevar el equipaje hasta el aeropuerto, y hace frente a los costos correspondientes. Sin embargo, el Heathrow Express cuenta con amplios espacios para el equipaje, ya que para los pasajeros de llegada, tienen que

recoger su equipaje en el aeropuerto. Dentro de los vagones de la línea Piccadilly hay muy poco espacio para transportar equipaje, el sistema en general no está diseñado para pasajeros con equipaje.

Características de mercado: Los usuarios del metro con destino al aeropuerto son en un 62% pasajeros aéreos, 11% empleados del aeropuerto, 15% acompañantes y un 12% personas que tienen algún asunto que atender en la zona del aeropuerto. Tan solo el 5% de los empleados del aeropuerto utilizan el metro para llegar a él.

En un estudio de predicción se determinó que un 60% de los usuarios del Heathrow Express estarían en un viaje de negocios. Además, también se predijo que solo el 40% de los usuarios de este servicio serían residentes locales, mientras que el restante 60% serían visitantes.

Aeropuerto de Munich - F. J. Strauss

Este aeropuerto se ubica a 27 km al norte de el centro de Munich, y en 1998, atendió a 19 millones de pasajeros. Desde su inauguración en 1992, el aeropuerto contaba con una línea del sistema de tren suburbano, conocido como el 'S-Bahn'. En 1998, los Ferrocarriles Alemanes (Deutsche Bahn) inauguró una segunda línea al aeropuerto de Munich, ambas sobre un mismo circuito. Cuando sólo operaba una línea, ésta daba servicio al 28% del mercado de pasajeros, con dos líneas, la participación del servicio ferroviario aumentó a principios de 1999 a un 31%.

Servicios de Traslado al Aeropuerto: La primera línea en conectarse con el aeropuerto fue la S8 da servicio cada 20 minutos, teniendo varias paradas. Las más importantes son: la estación del este (Ostbahnhof) en 30 minutos, luego, en 35 minutos, a la estación de la Plaza Marien (Marienplatz), en 48 minutos, a la estación principal (Hauptbahnhof) para luego completar el circuito y llegar al aeropuerto otra vez. La segunda línea en conectarse fue la S1 también se da cada 20 minutos, cerrando un circuito, con tiempos de 40 minutos a Hauptbahnhof, 43 minutos a Marienplatz y 49 minutos a Ostbahnhof. Así, en estas estaciones de la ciudad, se pueden tomar trenes al aeropuerto cada 10 minutos, por dos líneas distintas pero encontrándose en el centro. El precio de un boleto es de DM 14 (US \$7.70).

El autobús del aeropuerto a la Hauptbahnhof sale cada 20 minutos, con un precio de DM 15 (US \$8.25) y tarda unos 45 minutos en llegar, dando servicio a un 8% de los pasajeros. El servicio de taxi puede costar más de DM 100 (US \$55), y toma alrededor de 40 minutos dando servicio a un 10% de los pasajeros.

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: Las conexiones ferroviarias en el aeropuerto de Munich están enfocadas al transporte metropolitano, y no al nacional o regional. Las conexiones con el

sistema ferroviario nacional se llevan a cabo principalmente en la estación principal (Hauptbahnhof), a 40 minutos del aeropuerto con el servicio del S-Bahn.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: La estación de ferrocarril fue construida como parte del nuevo aeropuerto, por lo cual goza de una completa integración arquitectónica con el edificio. Sin embargo, al llegar al aeropuerto los pasajeros tienen que subir un nivel para poder registrarse y facturar su equipaje, y luego subir otro nivel para tomar su avión. Además, luego resulta necesario caminar grandes distancias dentro del edificio de pasajeros dada la configuración lineal de éste. Para las personas que provienen de los estacionamientos las distancias a recorrer resultan considerablemente más cortas en la mayoría de los casos.

Estrategia para el manejo de equipaje: El servicio de registro se ofrece únicamente a los pasajeros que no llevan más que equipaje de mano. El espacio para el equipaje en el tren es en general bueno, pero depende de que tan lleno vaya.

Aeropuerto de Zurich

El aeropuerto de Zurich en Kloten, a 11 km del centro de la ciudad, atendió a 19 millones de pasajeros en 1998.

Servicios de Traslado al Aeropuerto: El servicio de taxi al centro de la ciudad toma aproximadamente unos 20 minutos y su costo es equivalente a unos US \$ 33.50. Los servicios ferroviarios al centro de Zurich salen cada 10 minutos, con una duración también de 10 minutos y un costo equivalente a unos US \$5.

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: Una particularidad del sistema ferroviario nacional suizo, es que las largas distancias no existen, se puede considerar que se trata de servicios básicamente de tipo regional. Todos los trenes que se encuentran en el aeropuerto forman parte del sistema de los ferrocarriles nacionales suizos y ofrecen servicios compartidos. Para los trenes, el aeropuerto es solo una parada más en sus distintos recorridos. La estación ferroviaria de este aeropuerto se encuentra cerca del extremo oriental de un corredor ferroviario al poniente del cual se encuentra la ciudad de Génova. El servicio ferroviario hacia esta ciudad se presenta cada hora.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: Pese a que el aeropuerto de Zurich cuenta con dos edificios de pasajeros, su configuración es relativamente compacta y esto permite que exista una conexión directa entre la estación ferroviaria y ambos edificios. De hecho, existe un proyecto para unir los dos edificios de pasajeros formando uno solo.

Estrategia para el manejo de equipaje: El aeropuerto de Zurich cuenta con el servicio externo de facturación de equipaje más amplio en el mundo. El equipaje puede ser facturado en cualquiera de las 116 estaciones ferroviarias del

país para todos los vuelos que se originan en este aeropuerto, con excepción de algunos vuelos a Estados Unidos. Sin embargo, este servicio tiene un costo adicional equivalente a unos US \$13.40 por maleta. En la estación de Zurich, el equipaje se debe facturar unas tres horas antes de la hora anunciada de salida del vuelo correspondiente. En los casos más extremos, como los de algunas estaciones remotas en los Alpes, la facturación de equipaje debe hacerse hasta dieciséis horas antes.

Aeropuerto de Londres - Gatwick

El aeropuerto de Gatwick se encuentra a aproximadamente a 48 km al suroeste del centro de Londres, y toma más de una hora llegar en automóvil. El servicio de taxi cuesta alrededor de £35 y £40 (US \$56 y US \$64). Este aeropuerto dio servicio a 27 millones de pasajeros en 1998.

Servicios de Traslado al Aeropuerto: El aeropuerto de Gatwick es uno de los primeros proyectos en el mundo de integración aérea y ferroviaria. Actualmente los servicios ferroviarios atraen a aproximadamente el 20% de los usuarios. El aeropuerto cuenta tanto con servicios ferroviarios exclusivos para los pasajeros aéreos, como con trenes compartidos. El servicio exclusivo es el del Gatwick Express, que se conecta con la Estación Victoria de Londres en un tiempo de 30 minutos, dando servicio cada 15 minutos desde las 5 A.M. y hasta la 1 A.M. Su costo es de £10 (US \$16.00). La Connex South Central Railway opera un tren que da servicio casi expreso, pero como parte de un servicio en un corredor más amplio. Al no ser un servicio exclusivo para pasajeros aéreos, éstos tienen que compartir el espacio con el resto de los usuarios. Estos trenes dan servicio cada 20 minutos, el tiempo de recorrido es de 35 minutos y la tarifa es de £7.5 (US \$12). Otra línea, la del Thameslink Railway da servicio al área del distrito financiero de Londres, a las estaciones de London Bridge y de Kings Cross, por un precio de £9.5 (US \$15.20) con tiempos de recorrido similares. Un servicio de autobús se da cada hora desde la Estación Victoria, con un tiempo de recorrido de más de una hora y un precio de £7.5 (US \$12).

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: Tiene un servicio expreso al centro de la ciudad, y algunas otras que pertenecen a sistemas mayores, dando servicios directos a otros destinos como Southampton.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: Para aquellos que llegan al edificio sur del aeropuerto, el recorrido desde la zona de aduanas hasta el mezanine bajo el cual se encuentra la estación de ferrocarril, es de aproximadamente 150 m, una distancia más corta que la que se tiene que recorrer para salir a los estacionamientos o a la acera del aeropuerto. Para quienes llegan al edificio norte, los pasillos móviles se encuentran a unos 50 m de la zona de reclamo de equipaje. Las autoridades del Gatwick Express han convencido a las autoridades del aeropuerto a que se permita viajar sobre los pasillos móviles con

los carritos para transportar el equipaje, lo cual generalmente no se permite en los aeropuertos. De cualquier forma, los carritos no pueden bajar del mezanine a la estación de ferrocarril.

Estrategia para el manejo de equipaje: En la Estación Victoria algunas de las aerolíneas más importantes ofrecen el servicio completo de registro, incluyendo la entrega de pases de abordar. Se estima que un 25% de los pasajeros de vuelos largos utilizan el sistema de registro de equipaje en la Estación Victoria, pero casi ningún pasajero de vuelos domésticos lo utiliza.

Aeropuerto de París – Charles de Gaulle (Roissy)

Ubicado a 24 km al norte de París, el aeropuerto Charles de Gaulle es el más importante de Francia. En 1998, su volumen de pasajeros fue de 35 millones. Una estación de ferrocarril ha sido construida en el centro de un nuevo edificio. Llegar en automóvil al aeropuerto desde el centro de París toma desde 30 minutos hasta a más de una hora, dependiendo de los niveles del tránsito. El taxi al aeropuerto cobra unos F 220 (US \$36.30).

Servicios de Traslado al Aeropuerto: El aeropuerto cuenta con servicios ferroviarios tanto metropolitanos como de larga distancia. La línea electrificada suburbana, conocida como la línea B – RER, da servicio al centro de la ciudad cada 15 minutos, con servicio directo a varias estaciones con conexión al metro de París. Esta línea conecta al aeropuerto en un tiempo de 35 minutos y la tarifa de segunda clase cuesta F 48 (US \$7.90)

El servicio de autobuses es otorgado por Air France y los operadores públicos locales RATP. El autobús de Air France cuesta F 60 (US \$9.90), mientras que el “Roissybus”, por F 45 conecta a este aeropuerto con una estación de autobuses junto a la Opera de París. Su participación en el mercado de modos de acceso fue del 10% en 1998.

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: En la última década, la conexión con el sistema nacional de ferrocarriles ha sido uno de los principales objetivos en las inversiones del aeropuerto. Por muchos años, los pasajeros que deseaban conectarse con el sistema nacional de ferrocarriles debían trasladarse hasta una estación de trenes de París, y de ahí tomar los trenes. Ahora, con la construcción de una nueva línea alrededor de París, que da servicio al aeropuerto, se ofrece un servicio a los pasajeros directo desde el edificio 2 a distintas ciudades, por ejemplo, Lyon en dos horas, o Bruselas en una hora y media. Con la inversión hecha para conectar al aeropuerto con el sistema nacional de ferrocarriles, su participación en el mercado de los modos de acceso al aeropuerto alcanzó el 20%. ‘Aeroports de Paris’ está actualmente trabajando con las autoridades ferroviarias para dar un nuevo servicio de tren expreso a París en un tiempo tentativo de 18 minutos.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: Un servicio de autobús conecta al edificio 1 con la estación original del RER, que se encuentra a aproximadamente un kilómetro y medio. En 1998, se inauguró una nueva estación de ferrocarril en el edificio 2 donde dan servicio tanto el RER como los trenes nacionales. Actualmente, el edificio 1 también se conecta a esta estación mediante de un autobús interno del aeropuerto.

Estrategia para el manejo de equipaje: Actualmente no hay servicio de registro dentro de la ciudad que remplace a la antigua terminal aérea de la ciudad en la 'Gare des Invalides', que se encuentra al sur de la ciudad (margen izquierda del río). En los trenes RER no hay muchos espacios disponibles para el equipaje, por lo cual resulta complicado viajar con él durante las horas pico. El TGV, que proporciona el servicio largas distancias tiene una excelente capacidad para transportar equipaje. Existen planes para crear instalaciones de registro fuera del aeropuerto.

Aeropuerto de Frankfurt

Este aeropuerto destaca por ser el segundo aeropuerto más grande de Europa después de Londres – Heathrow siendo así el más grande dentro de la zona continental de Europa. En 1997 dio servicio a 40 millones de pasajeros. El aeropuerto se encuentra a 10 km del centro de la ciudad, y el tiempo de recorrido en automóvil es de aproximadamente 20 minutos. El servicio de taxi cuesta entre DM 40 y DM 50 (US\$ 22.05 y 27.55)

Servicios de Traslado al Aeropuerto e Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: Actualmente el aeropuerto cuenta con el servicio de los trenes suburbanos 'S-Bahn' y el servicio nacional ferroviario a través de una línea que lo une con la ciudad de Colonia. No existen servicios de trenes exclusivos para los usuarios del aeropuerto, pero a cambio, estos servicios ofrecen una muy buena interconectividad con el resto de los sistemas de transporte. Una nueva estación en el aeropuerto comenzó a dar servicio en 1999 donde da servicio el ferrocarril alemán de alta velocidad ICE (InterCity Express). El 'S-Bahn' conecta al aeropuerto con el centro de Frankfurt en 10 minutos a un precio de DM 6 (US \$3.30). Nueve líneas de autobuses locales dan servicio al aeropuerto, y Lufthansa da un servicio a las ciudades de Heidelberg, Mannheim y Talheim.

La nueva estación está diseñada para dar servicio simultáneamente a cuatro líneas del ICE, servicio que además está trabajando para reducir significativamente algunos de sus tiempos de recorrido. Por ejemplo, el viaje en tren a Colonia disminuirá de dos horas a solo una, con la construcción de una nueva vía al este del Río Rhin. La nueva estación en Colonia tendrá sus propios mostradores para los trámites de registro de las aerolíneas.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: La estación de ferrocarril original se encuentra ubicada en el sótano del edificio 1 y tiene un acceso directo con el aeropuerto a través de escaleras eléctricas. La nueva estación se encuentra a unos 300 m del edificio 1. Actualmente, todos los usuarios del sistema ferroviario tienen que entrar al aeropuerto a través del edificio 1 y luego, si lo requieren, transportarse al 2 a través de un sistema interno para el movimiento de personas. Se está haciendo un esfuerzo por mejorar el acceso al edificio 2 desde la nueva estación de ferrocarril.

Estrategia para el manejo de equipaje: Como mencionamos anteriormente, se busca contar con un área de mostradores en la estación ferroviaria de Colonia. Los trenes suburbanos S-Bahn no han sido diseñados especialmente para las necesidades de los pasajeros aéreos, sin embargo, tienen algunos espacios donde se puede llevar equipaje.

Aeropuerto de Ámsterdam - Schiphol

Este aeropuerto es el cuarto más grande de Europa, en 1998 dio servicio a 25 millones de pasajeros. Contando con servicios ferroviarios metropolitanos, nacionales y algunos internacionales de alta velocidad, el aeropuerto de Schiphol tiene una de las más amplias variedades en cuanto a servicios ferroviarios se refiere. Los servicios nacionales cuentan con vagones de dos niveles, que evidentemente aumentan su capacidad. Alrededor del 25% de los usuarios de este aeropuerto utilizan el ferrocarril como modo de acceso. El aeropuerto de Schiphol cuenta con una estructura centralizada (un solo edificio) y se encuentra a 15 km al oeste del centro de Ámsterdam, sobre la principal línea férrea que atraviesa al país de este a oeste, conectándose con las ciudades de La Haya y Róterdam. El viaje en taxi toma unos 30 minutos desde el centro, y se cobran unos G 50 (US \$24.50).

Servicios de Traslado al Aeropuerto: En suma, los servicios ferroviarios se dan cada 15 minutos durante casi todo el día, con una duración de entre 15 y 20 minutos desde la Estación Central de Ámsterdam, con precios equivalentes a entre US \$2.95 a US \$3.45. La aerolínea KLM ofrece un servicio de autobús a varios hoteles por un precio equivalente a US \$7.35.

Integración del Aeropuerto con el Sistema Local y Regional de Transporte: El aeropuerto no está conectado directamente con el sistema de metro. Pero, por otro lado, el sistema nacional de ferrocarriles opera trenes que lo comunican con el resto del país con frecuencias relativamente altas, lo cual también atrae a pasajeros locales con necesidad de transportarse frecuentemente entre ciudades. Además, se tienen conexiones internacionales a través de los trenes conocidos como "intercity", y con los Thaylis de alta velocidad. Estos trenes se comunican con Colonia y con Bruselas a velocidades de 200 km/h, y en el tramo de Bruselas a París, a velocidades de 280 km/h.

Así, el sistema ofrece a los pasajeros aéreos servicios metropolitanos, nacionales e internacionales de alta velocidad, esto a tan solo unos metros de la zona de reclamo de equipaje.

Calidad de la Conexión del Ferrocarril en el Aeropuerto: Este aeropuerto fue reconstruido para crear un área común de llegadas para lo que originalmente eran dos edificios. Bajo esta área común se encuentra la estación de ferrocarril, lo cual permite que las distancias no sean demasiado largas, aunque hay que utilizar escaleras.

Estrategia para el manejo de equipaje: Actualmente no existen sistemas de registro para los pasajeros aéreos fuera del aeropuerto, pero se están analizando como opciones para futuros proyectos de expansión. La mayoría de los trenes cuentan con un buen espacio para el equipaje

En la siguiente tabla resumen se presentan las estadísticas generales de los catorce aeropuertos de la muestra:

Aeropuerto	Pasajeros al Año (1998*)	Distancia {km}	Participación en el Sistema de Acceso		
			Tren	Autobús	Taxi
Oslo	14 millones	50	43%	20%	5%
Hong - Kong	-	35	24	36	5
Tokio - Narita	26 millones	65	36	23	-
Génova	6.5 millones	5	35	10	22
Londres - Heathrow	58 millones	26	25	15	24
Munich	19 millones	27	31	8	10
Zurich	19 millones	11	34	1	24
Londres - Gatwick	27 millones	48	20	15	12
Londres - Stansted	7.2 millones	56	27	7	8
Paris - de Gaulle	35 millones	24	20	11	33
Frankfurt	40 millones	10	27	3	11
Amsterdam - Schip.	25 millones	15	25	5	12
Bruselas	19 millones	-	16	10	20
Paris - Orly	25 millones	15	14	12	31

* Estadísticas de 1998 excepto: Oslo - 1999, Narita - 1997, Heathrow - 1997, y Frankfurt - 1997.

Tabla 5.2 Fuente: *Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000*

Aeropuerto de Shangai – Pudong

Este caso se menciona aparte porque por el poco tiempo que este aeropuerto tiene en servicio (inaugurado en octubre de 1999) y la reciente puesta en servicio de su servicio ferroviario (enero 2003), no se cuenta con estadísticas, sólo pronósticos. Es el primero en contar con un tren de tecnología de levitación magnética (Maglev) como modo de acceso, así que estrictamente, no se trata de un servicio ferroviario, pero sí de un tren. El viaje en autobús o en taxi a este aeropuerto desde el centro de Shangai es de unos 30 km y normalmente toma unos 45 minutos. Diseñado para operar a una velocidad de hasta 430 km/h, este tren realiza su recorrido en 8 minutos. Se trata de un servicio expreso y exclusivo para los usuarios del aeropuerto, que se conecta con la estación Long Yang en el centro financiero de Shangai conocido como Lujiazui. La estación Long Yang está también conectada con el sistema de metro de la ciudad. Actualmente el tren opera a través de una vía sencilla, pero a finales del 2003 o en el 2004 se espera que empiece a operar con una doble vía. En el aeropuerto, la estación ferroviaria se encuentra a nivel del suelo a un lado del edificio de pasajeros, y quedará en medio de los dos edificios de pasajeros cuando el segundo sea construido.

Actualmente Shangai cuenta con dos aeropuertos internacionales, el de Hongqiao es el más antiguo y por mucho tiempo fue el único aeropuerto internacional de Shangai. Pudong es un aeropuerto mucho más moderno y tanto los vuelos internacionales como algunos nacionales se pasaron en el 2002 de Hongqiao a Pudong. También algunos vuelos que antes llegaban a Hong Kong y a Macao se han pasado a Pudong. Así se tiene proyectado que Pudong se convierta en el aeropuerto más importante de Asia Pacífico, utilizando al aeropuerto de Hongqiao de forma auxiliar. Actualmente el aeropuerto de Pudong tiene una capacidad para unos 20 millones de pasajeros anuales, que en esta etapa de transición ha estado siendo subutilizada, pero el crecimiento programado es bastante acelerado. Las autoridades del aeropuerto esperan que en el 2005, el servicio de este tren transporte a aproximadamente 10 millones de pasajeros y a 20 millones en el 2010. Actualmente el aeropuerto cuenta con tan solo un edificio de pasajeros, pero en el plan maestro se tiene contemplada su expansión a través de otros tres edificios y otra pista, para alcanzar una capacidad máxima de 70 millones de pasajeros al año. Se tiene contemplado que al alcanzarse este escenario, el tren de levitación magnética sea el modo de transporte terrestre utilizado por más de la mitad de los usuarios del sistema de acceso.

5.4.- Análisis de los Servicios

De la muestra total de catorce aeropuertos que se han presentado, los doce primeros captan al menos el 20% de sus accesos a través de servicios ferroviarios. Sin embargo, al analizar sus estadísticas generales, es posible decir que no hay un factor que por sí solo pueda ser considerado como el principal para atraer a los usuarios del sistema de acceso hacia los servicios ferroviarios. En cuanto a la distancia por ejemplo, los accesos ferroviario de Tokio – Narita y Génova atraen casi al mismo porcentaje de pasajeros, pero el primero se encuentra a 65 km, y el segundo a tan solo 5 km del centro de la ciudad. La velocidad, aunque es un atributo importante, no es un factor definitivo; en Heathrow por ejemplo, podemos ver que el metro atrae a más usuarios que el "Heathrow Express". En este caso, la ventaja en cuanto a la distribución que ofrece el metro parece ser más atractiva que la velocidad y el nivel de servicio del servicio expreso.

Esta aparente incertidumbre se debe a que existe una gran cantidad de elementos en juego. El tipo de usuarios de cada aeropuerto varía de forma importante, su dispersión geográfica dentro de la zona de influencia del aeropuerto, la infraestructura y servicios de transporte que existan dentro de esta zona, etc. Todos los elementos presentes en cada caso (económicos, geográficos, tecnológicos, sociales, etc) deben ser estudiados para poder evaluar las oportunidades que los distintos tipos de servicios de transporte ferroviario pueden explotar. A continuación se compararán algunas de las distintas estrategias bajo las cuales se desarrollan los sistemas ferroviarios de acceso a los aeropuertos.

5.4.1.- Servicio al Centro de la Ciudad y al Area Metropolitana

El objetivo de este tipo de servicio es el de dar a los usuarios la posibilidad de realizar un viaje puerta a puerta más conveniente que el que puede realizarse a través de un taxi o un automóvil particular. Como se ha mencionado varias veces, el servicio ferroviario no puede completar los viajes puerta a puerta de sus usuarios, por lo general requiere de transferencias con otros modos de transporte terrestre para completarlo, mientras menos densa sea la cobertura del sistema, más necesarias serán. Esta transferencia adicional, más allá del tiempo que tome, es también una molestia adicional (ver contrautilidad de un viaje) que debe compensarse para que el acceso al aeropuerto a través del transporte ferroviario resulte atractivo.

Existen distintas estrategias en las que un sistema de este tipo puede enfocarse para dar un mejor servicio. Se presenta el caso de servicios que se enfocan en la velocidad de operación, con lo cual los usuarios pueden ahorrarse una cantidad considerable de tiempo con respecto al automóvil, especialmente si

el aeropuerto está retirado de la ciudad y los automóviles tienen que circular a través de vías congestionadas para llegar al aeropuerto. Otra estrategia es enfocarse en ofrecer un sistema con una buena distribución, es decir, conectarse con más de una estación dentro de la ciudad de tal forma que los usuarios puedan quedar ya muy cerca de su destino final, y así su viaje complementario no tenga que ser muy largo. Además también hay que dar un servicio con la suficiente frecuencia para no hacer esperar mucho a los usuarios en las estaciones.

Servicio Expreso Exclusivo al Centro de la Ciudad

Hasta hace poco solo existían dos aeropuertos con este tipo de servicio, Londres – Gatwick, y Tokio – Narita. En los años de 1998 y 1999 se sumaron varios nuevos, como Hong Kong, Oslo, Londres Heathrow, Milán y Estocolmo, además de anunciarse proyectos para París, Berlín y Kuala Lumpur. Los servicios expresos desde algún punto en una ciudad hasta su aeropuerto serán casi siempre exclusivos para los usuarios del aeropuerto, ya que por lo general nadie más estaría interesado en utilizarlo, salvo en algunos casos, la población colindante.

Como se ha visto, el servicio ferroviario al aeropuerto de Oslo, que es realizado básicamente por el Expreso del Aeropuerto de Oslo, es el que mayor participación tiene en los sistemas de acceso de todos los aeropuertos del mundo. Este es un claro ejemplo de un sistema enfocado en la velocidad de operación más que en la distribución, y es que hay que recordar que este nuevo aeropuerto de Oslo en Gardemoen se encuentra a 50 km de la ciudad. El objetivo de este sistema era el de ofrecer un servicio de transporte al nuevo aeropuerto en el mismo tiempo que un autobús recorría el trayecto al antiguo aeropuerto, es decir 19 minutos. Actualmente, con el túnel que fue necesario construir ya en operación, se da el servicio cada 10 minutos en los 19 minutos que se plantearon como objetivo. Cada tren tiene 175 asientos, y en las horas pico se unen dos trenes para aumentar la capacidad.

El caso de Hong Kong es interesante porque se ofrecen dos tipos de servicio sobre la misma infraestructura. El servicio expreso corre sobre las mismas vías que otro de menor nivel de servicio que también da servicio al aeropuerto pero es compartido con otros usuarios, y se detiene en todas las estaciones. El tren expreso utiliza libramientos para no pasar por las estaciones en las que no se detiene, tan solo lo hace en las grandes estaciones de Kowloon y la Estación Central de Hong Kong, en donde los otros trenes no dan servicio. Este tipo de operación es muy conveniente ya que ofrece dos tipos de servicio muy diferentes, que satisfacen las necesidades de distintos tipos de usuarios, minimizando la inversión en infraestructura y su mantenimiento. Su desventaja es que la operación se vuelve más compleja ya que cualquier fallo o retraso en alguno de los dos sistemas suele afectar también al otro, y como se ha visto en el capítulo anterior, este tipo de operación reduce la capacidad de operación de las líneas.

Servicios Compartidos al Centro de la Ciudad

Aunque la cantidad de aeropuertos con servicios expresos exclusivos para los usuarios del aeropuerto ha aumentado, la mayoría de los aeropuertos con conexiones ferroviarias cuentan con servicios de trenes compartidos con otros usuarios del sistema. Es el caso del aeropuerto de Munich, ya que presenta únicamente el servicio de trenes compartidos al área metropolitana, los S-Bahn, cuya red es muy amplia en Munich. En un principio solo una línea daba servicio al aeropuerto, pero dado a que la línea ya no podía operar trenes con mayor frecuencia, su capacidad estaba ya al límite. Dada la necesidad de aumentar la capacidad del servicio ferroviario se decidió conectar otra línea ya existente, la S1. En la antepenúltima estación, la Estación Neufarm, el tren se divide, los carros de adelante se van al aeropuerto, y los de atrás continúan a través del recorrido original de la S1 hasta la última estación de la línea. Con este nuevo servicio, la participación del ferrocarril en el sistema de acceso terrestre aumentó en unos meses del 28 al 31%.

Otro ejemplo es la línea Piccadilly del metro de Londres, que entre el aeropuerto de Heathrow y la estación Kings Cross pasa por 23 estaciones en donde se pueden encontrar 12 interconexiones con otras líneas. Se ve entonces que la gran ventaja que presentan los servicios ferroviarios compartidos en el aeropuerto es que suelen tener un alto nivel de interconexiones con todos los sistemas de transporte de la ciudad. Las desventajas son la relativamente baja velocidad media resultante al presentarse muchas paradas; y el hecho de que generalmente están diseñados para usuarios que los utilizan varias veces a la semana, teniendo precios más bajos ofrecen niveles de servicio menores, sin considerar las necesidades particulares de los usuarios del aeropuerto.

Comparación entre los Servicios Express y Multiparadas

Un aeropuerto en el que se puede comparar muy claramente estos dos tipos de servicios es el de Londres Heathrow. El Heathrow Express conecta al aeropuerto en aproximadamente 17 minutos con la estación de Paddington, y el tren sale cada 15 minutos. La línea Piccadilly llega al centro de la ciudad en aproximadamente 40 minutos y sale cada 4 minutos. Así el usuario del servicio expreso espera en promedio unos 7.5 minutos para tomar su tren, que sumados a los 17 minutos del recorrido suman casi 25 minutos. Una vez en la estación de Paddington, los usuarios que dejan el tren expreso probablemente tendrán que completar su viaje a través de otro modo de transporte, que puede ser el metro que está ahí mismo, o puede ser un taxi o un autobús fuera de la estación. A aquellos pasajeros que elijan el metro para completar su viaje les tomará de 5 a 7 minutos transbordar en Paddington, más el tiempo que viajen en metro. Una comparación ha sido hecha entre los tiempos que toma llegar a cada una de las estaciones del metro exclusivamente a través del metro, y a través de la

combinación tren expreso y metro. Para la mayoría de las estaciones del sistema, exceptuando aquellas que se encuentran en la zona cercana al aeropuerto, la combinación tren expreso y metro da tiempos menores que los que se presentan utilizando exclusivamente el metro.

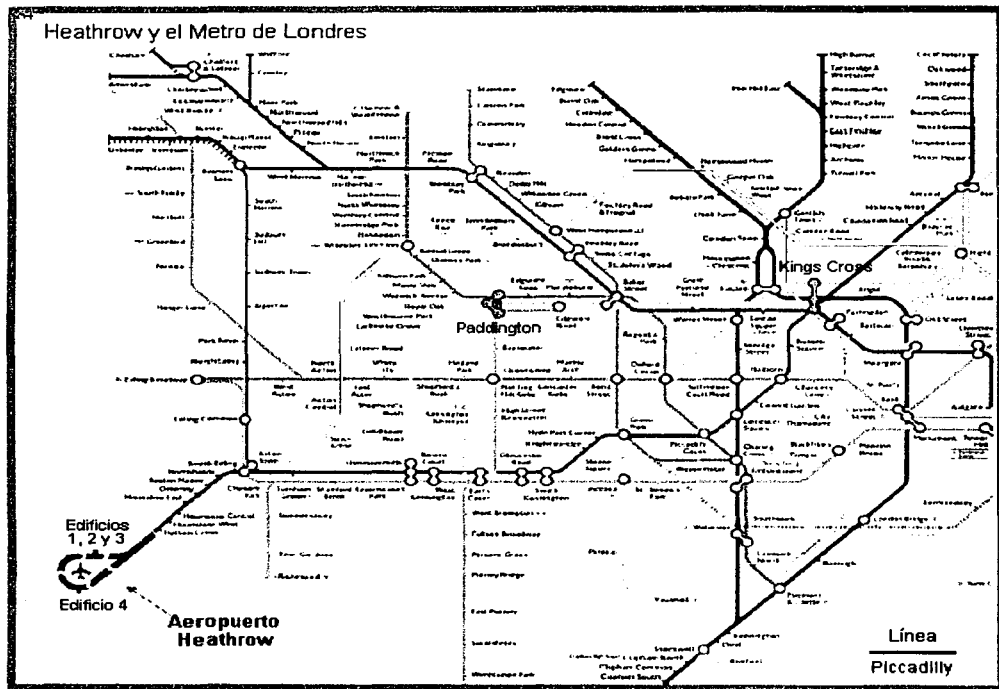


Figura 5.2 - Conectividad del Aeropuerto Heathrow con el Metro de Londres⁴⁷

Sin embargo, este análisis solo compara tiempos sin utilizar factores para ponderar el tiempo con respecto a los niveles de servicio. La transición entre el tren expreso y el metro hace que el viaje total pierda muchas de las ventajas que el tren expreso tiene sobre el metro. Por el contrario, cuando el viaje va a ser completado en taxi, las ventajas de utilizar el tren expreso para llegar al centro, son claras. En Heathrow, las autoridades del tren expreso piensan en conectar al tren también con la estación de Kings Cross, para mejorar tanto el aspecto de la distribución como también el de la frecuencia, ya que los dos servicios sumados tendrán una frecuencia de 7.5 minutos, así los pasajeros que estén dispuestos a

⁴⁷ Fuente: Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

viajar a cualquiera de las dos estaciones también reducirán a la mitad sus tiempos de espera medios.

Importancia de la Velocidad Media de Operación

En cuanto la velocidad de operación media de los distintos modos de transporte que sirven como acceso al aeropuerto, las comparaciones son interesantes, pero no determinantes. Vease la tabla 5.3.

Aeropuerto	Participación del Transporte Ferroviario *	Tiempo Promedio en Automóvil al Area Central (min)	Tiempo en Tren al Area Central (min)	Relación de Tiempos (Automóvil / Tren)	Distancia del Centro (km)
Oslo	43 %	50	19	2.6	48
Narita	36	90	55	1.6	67
Génova	35	10	10	1.0	5
Zurich	34	20	10	2.0	13
Munich	31	35	40	1.1	30
Frankfurt	27	20	12	1.7	10
Stansted	27	70	40	1.7	55
Amsterdam	25	30	17	1.8	15
Heathrow	25	45	-	-	24
Express	11	-	15	3.0	"
Piccadilly	14	-	45	1.0	"
Hong Kong	24	35	23	1.5	34
Gatwick	20	80	30	2.7	45
de Gaulle	20	45	35	1.3	24
Brussels	16	20	14	1.4	16
Orly	14	25	35	0.7	13

* Estadísticas de 1998 excepto: Oslo – 1999, Narita – 1997, Heathrow - 1997, y Frankfurt - 1997.

Tabla 5.3 - Condiciones de Acceso de los Aeropuertos de la Muestra⁴⁸

De la tabla 5.3 es posible ver que en el aeropuerto de Oslo se tiene una de las más altas relaciones de tiempo 'automóvil / tren' y es el aeropuerto con mayor participación de su modo ferroviario en el mercado de acceso. En el aeropuerto de Génova el tiempo de recorrido del tren desde el centro de la ciudad es casi el mismo que el del automóvil, sin embargo, la participación ferroviaria es muy

⁴⁸ Fuente: Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000

significativa, lo que sucede en este caso es que gran parte de los usuarios del aeropuerto de Génova no provienen del centro de Génova, sino de otras ciudades cercanas. Es interesante la comparación particular del Heathrow Express y la Línea Piccadilly en Heathrow, donde esta última tiene una relación tres veces menor que la del servicio expreso, pero tiene una participación mayor, debida en gran parte, como se ha analizado, a la distribución en el área metropolitana.

Esta es una muestra más de que ninguno de los indicadores manejados determina por sí solo, en forma clara, la participación que el ferrocarril puede tener en el sistema de acceso a un aeropuerto. Esto no quiere decir que estos indicadores resulten insignificantes, pero sí lo que debe estudiarse en cada caso, como son las necesidades particulares de los usuarios del aeropuerto en cuestión, que llegan a ser muy distintas de un aeropuerto a otro.

5.4.2.- Servicios más allá de la Zona Metropolitana

En 1980 en Zurich, la Compañía de Ferrocarriles Suizos implementó la primera conexión ferroviaria en un aeropuerto con el objetivo de unirlo directamente a todo el sistema ferroviario nacional. En el 2000 muchos de los más importantes aeropuertos europeos están conectados a sus sistemas ferroviarios nacionales. Hoy en día estos servicios nacionales no se dan en trenes exclusivos para los pasajeros aéreos, sino que se da el servicio compartido integrando a los sistemas nacionales existentes.

Casos de Servicios Nacionales Exclusivos

El primer servicio ferroviario interurbano en un aeropuerto, exclusivo para los pasajeros aéreos fue el Express de Lufthansa, que comenzó a dar servicio entre los aeropuertos de Frankfurt y Dusseldorf en 1982, poco después se conectó también con las ciudades de Bonn y Colonia. El número de usuarios al aeropuerto de Colonia por ejemplo, creció de 62,000 pasajeros en 1982 a 216,000 en 1990. Se estima que en 1990 este servicio atrajo al 28% de lo que correspondería al mercado aéreo a Bonn, el 37% del mercado a Colonia y el 35% del mercado a Dusseldorf. Sin embargo, para mediados de los 90's este servicio exclusivo enfrentaba una gran competencia por parte de los servicios ferroviarios nacionales compartidos. El Express de Lufthansa operaba tan solo cuatro trenes diarios a Colonia, mientras que en el servicio convencional operaba 21 trenes diarios por ese mismo corredor. El resultado es que mientras los usuarios del Express de Lufthansa esperaban su tren, veían salir a varios trenes convencionales con el mismo destino que ellos tenían. Con la operación de cuatro líneas distintas del ICE en el aeropuerto de Frankfurt viajando a 300 km/h, quedó claro que la historia del Express de Lufthansa había terminado. En lugar de ese servicio, ahora la aerolínea reserva lugares para sus pasajeros en los trenes nacionales compartidos.

En el caso del Express de Narita este da servicio a seis destinos más allá de Tokio, aunque es claro que la mayor parte de los usuarios se concentran en el tramo de Tokio al Aeropuerto de Narita. La gran mayoría de las transferencias con el sistema ferroviario nacional se dan en Tokio, en la Estación Central.

El caso de Oslo es similar, de los seis trenes por hora que salen del aeropuerto, tres nada más llegan hasta la Estación Central de Oslo, los otros continúan hacia el sur y el oeste.

Casos de Servicios Nacionales Compartidos

En Suiza, Holanda y Dinamarca existen buenos ejemplos de aeropuertos integrados a los sistemas ferroviarios nacionales. Así por mencionar uno, en Copenhague la estación ferroviaria en el aeropuerto fue inaugurada en 1998, y en ese entonces se esperaba que en el año 2000 atrajera a 4 millones de usuarios, de los cuales 1.4 millones provendrían de Suecia. Estos pasajeros suecos tienen acceso al aeropuerto de Copenhague a través de una conexión de casi 30 km que combina secciones de puente y de túnel para cruzar de Suecia a Dinamarca. Se piensa que ésta será una de las estaciones ferroviarias, dentro de un aeropuerto, más activas en el mundo, con trenes saliendo cada 4 minutos en las horas de mayor demanda. Al utilizar el tren se venden boletos para el viaje completo del pasajero, es decir, incluyendo el transporte que debe tomar para llegar desde la estación ferroviaria externa al aeropuerto, hasta su destino final. Para esto se ha creado un sistema de tarifas fijas a siete zonas dentro de Dinamarca, y diez del lado Sueco; de tal forma que siempre resulte más económico comprar el boleto del servicio de transporte completo que pagar los servicios por separado. Simultáneamente, opera otro sistema en el que se venden de forma conjunta el boleto de avión y el boleto de tren. Por el momento no existe interés en el Aeropuerto de Copenhague por servicios de trenes expresos exclusivos.

Servicios Nacionales Interciudades a Velocidades Convencionales

Suiza: La conexión ferroviaria en el Aeropuerto de Zurich en 1980 ha sido parte importante del crecimiento del aeropuerto. Entre 1981 y 1989 el tráfico total de pasajeros en el aeropuerto creció un 67%, mientras que el de los usuarios del ferrocarril como modo de acceso creció un 74%. En 1987 el Aeropuerto de Génova se conectó también al sistema para fortalecerlo, estando conectadas estas dos estaciones a través de la principal línea ferroviaria del país, que se extiende de este a oeste. Los aeropuertos de Zurich y Génova cuentan con el servicio de 170 y 130 trenes diarios respectivamente.

Ámsterdam: Este aeropuerto también se localiza a lo largo de la línea férrea más importante de su país, la línea que recorre Holanda también de este a oeste. En el Aeropuerto de Schiphol operan unos 550 trenes diarios, dando servicio directo a casi todas las ciudades del país

Oslo: Pese a que la estrategia principal del aeropuerto en Gardermoen es la de los servicios de trenes expresos exclusivos, también está conectado al sistema nacional de ferrocarriles. Actualmente en Noruega se están mejorando los servicios interurbanos, para operar a velocidades de 200 km/h, disminuyendo los tiempos de viaje. Se prevé por dar dos ejemplos, disminuir el tiempo de viaje del Aeropuerto de Gardermoen a la ciudad de Lillehammer (al norte) de 100 a 70 minutos, y a Skien (al sur) de 182 a 131 minutos.

Servicios Nacionales de Alta Velocidad

Alemania: En Alemania se está ampliando la infraestructura de los trenes ICE para dar servicio directo a los aeropuertos en Frankfurt, Leipzig y a una nueva estación intermodal conectada con el Aeropuerto de Dusseldorf. De estos proyectos, el más avanzado es el de Frankfurt, que comenzó a operar en 1999. El aeropuerto de Frankfurt busca sustituir sus vuelos nacionales cortos por viajes de acceso ferroviarios. En 1991 (antes de que iniciara el servicio del ICE) poco menos del 10% de los pasajeros aéreos accedieron al aeropuerto a través de los servicios nacionales, mientras que un 19% lo hizo a través de los trenes locales S-Bahn. Para el 2010, se espera que cambie a un 28% a través del sistema ferroviario nacional, y un 15% a través del sistema ferroviario local.

Francia: El SNCF a estado haciendo fuertes inversiones en la conexión con el Aeropuerto Charles de Gaulle. Se ha construido una línea anular alrededor de París que sirve de libramiento para permitir servicios directos del norte (Lille, Bruselas o Londres) al sur (Lyon o Niza) o viceversa. Se prevén tiempos de viaje de 1.5 horas a Bruselas, 2 horas a Lyon, y eventualmente, 3 horas a Londres. Actualmente el mercado de estos sistemas se desarrolla lentamente, con aproximadamente un 3% de los pasajeros aéreos utilizando el TGV.

5.4.3.- Importancia de la Conexión Ferroviaria en el Aeropuerto

Al analizar la calidad de la conexión ferroviaria en un aeropuerto es importante considerar los siguientes tres factores: la "calidad de la experiencia" de tomar el tren en el aeropuerto, la calidad del servicio otorgado por el tren y la "calidad de la experiencia" de conectarse con el resto de los sistemas de transporte para alcanzar un destino final. Algunos aeropuertos nuevos han sido construidos sin conseguir una buena conexión entre las instalaciones del transporte ferroviario y el aéreo. El aeropuerto de Charles de Gaulle en París fue diseñado como un aeropuerto con un sistema de edificio de pasajeros muy descentralizado, con una estación ferroviaria en el centro, pero sin dar servicio en particular a ninguno de los edificios. Por el contrario, en Oslo y en Hong Kong, el diseño siempre buscó tener la relación más cercana posible entre estos dos modos de transporte. El aeropuerto de Hong Kong puede ser considerado como aquel con el diseño más agresivo en cuanto al objetivo de facilitar el traspaso de los pasajeros de un modo de transporte al otro.

Hong Kong

Concepto del Edificio de Pasajeros

Desde un principio, el edificio de pasajeros del aeropuerto de Hong Kong fue ideado como una estructura de dos niveles. La estación ferroviaria tiene andenes en los dos niveles, de tal forma que ni los pasajeros de salidas ni los de llegadas necesitan cambiar de nivel dentro del edificio de pasajeros en su trayecto del tren al avión o viceversa. En este trayecto los pasajeros encuentran el servicio gratuito de carros para el equipaje, el cual pueden utilizar desde o hasta la puerta del tren. La plataforma de la estación del ferrocarril ha sido colocada de forma paralela al lado largo del edificio de pasajeros que mide más de 300 metros. Los flujos de pasajeros dentro del edificio han sido diseñados para repartir de forma natural a la gente a lo largo de todo el andén de la estación del tren, es decir, sin concentrarlos en un solo punto a partir del cual ellos tengan que distribuirse. Esta disposición paralela de la plataforma ferroviaria fue diseñada así por primera vez en el aeropuerto de Frankfurt, que logra así contar con tres puntos de acceso a la plataforma ferroviaria. En otros aeropuertos como Oslo o Munich, la plataforma ferroviaria está orientada perpendicularmente al lado largo del edificio de pasajeros, lo cual solo permite contar con un punto de acceso a la plataforma ferroviaria (normalmente al centro) concentrando a los pasajeros en esta zona.

El contar con una sola estación ferroviaria (de la cual evidentemente parten todos los trenes) presenta algunas ventajas de operación. Al igual que en la estación del Gatwick Express, la estación ferroviaria del aeropuerto de Hong Kong es operada de tal forma que siempre se cuente con un tren esperando en la plataforma ferroviaria. De esta manera, los pasajeros al llegar a la estación pueden inmediatamente subirse al tren, conseguir su sitio y colocar su equipaje. Se cuenta con tableros electrónicos al lado del tren que en todo momento indican cuanto tiempo falta para que el tren salga. En general, el poder dar indicaciones claras a los pasajeros se simplifica al haber tan solo una estación.

Conexiones con Transiciones poco Notorias

En Hong Kong se ha tenido éxito en hacer poco notoria la transición desde el punto de la recepción de equipaje a la estación del tren. En el área de llegadas se encuentra personal del servicio de tren expreso del aeropuerto que puede dar toda la información necesaria a los pasajeros; y se venden boletos tanto en taquillas como de forma automatizada a través de máquinas. El pasajero no pasa a través de ningún punto de control para tomar el tren, el boleto es revisado en puntos de control en la estación ferroviaria destino (fuera del aeropuerto) cuando el pasajero sale del tren. Si el pasajero no tiene boleto, se le obliga a pagar la tarifa más alta del sistema, que corresponde a la del viaje proveniente del aeropuerto (recordemos que este servicio de tren expreso conecta al aeropuerto

con tres estaciones ferroviarias, la última de las cuales es la estación central de Hong-Kong). Al encontrarse a un pasajero sin boleto, se le cobra la tarifa mencionada, pero la política es la de dar un trato amable, dándole al pasajero el beneficio de la duda.

Enfrentando las Necesidades de Expansión

Actualmente el aeropuerto de Hong Kong opera con 40 puertas de embarque en un solo edificio de pasajeros. Se tiene contemplado construir otro edificio, con el cual se llegará a tener hasta 100 puertas de embarque. La estación de ferrocarril que actualmente se encuentra a un costado del edificio, estará entonces en medio de los dos edificios, de esta forma, las distancias a recorrer por los pasajeros del nuevo edificio no serán mayores a las del actual.

Oslo

En cuanto al concepto arquitectónico para un aeropuerto con conexión ferroviaria, el aeropuerto de Oslo es más tradicional, ubicando las plataformas ferroviarias debajo del área de llegadas. Todos los trenes para los distintos servicios ferroviarios (desde el Express de Oslo, hasta los nacionales) llegan y salen de esta estación. En cuanto a las distancias a recorrer, éstas son menores que las del aeropuerto de Hong Kong, pero los cambios de nivel son un problema para los pasajeros con equipaje.

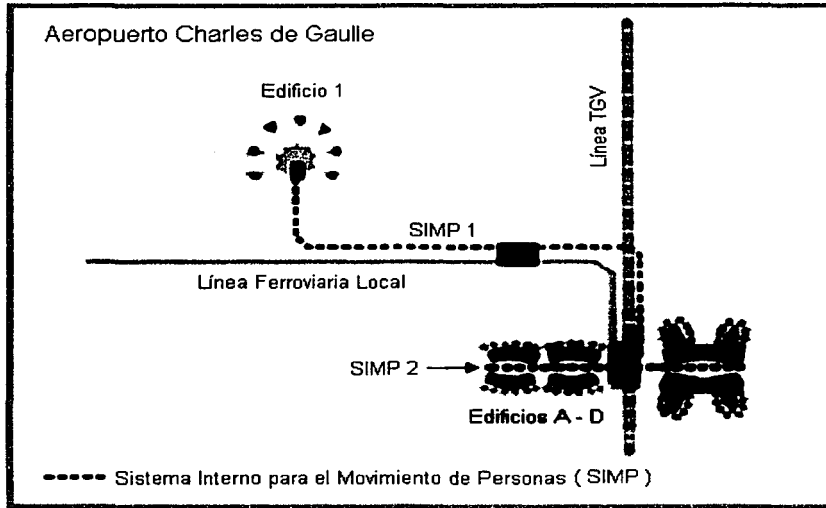
Cuando los trenes llegan, primero se abren las puertas de un lado permitiendo a la gente bajar, y una vez que todo la gente bajó, se cierran estas puertas y se abren las del otro lado para que la gente suba. Este sistema no es muy común en las estaciones de tren, pero ayuda a separar los flujos de entrada y de salida. Además esto permite el tener una señalización más clara, ya que de un lado ésta es tan solo para los pasajeros que llegan al aeropuerto y del otro lado para los que salen de él.

Aeropuertos Nuevos con Conexiones Complicadas: Charles de Gaulle

El que el proyecto original para un aeropuerto relativamente nuevo contemple la existencia de una estación ferroviaria no implica que la conexión con esta sea buena. El proyecto de este aeropuerto proponía construir un conjunto de edificios arquitectónicamente diseñados después del edificio 1. Así se diseñó la zona de los edificios A, B, C y D junto a la estación de ferrocarril, donde se encuentran servicios ferroviarios tanto locales como nacionales. Del otro lado de la estación se planeó construir otros dos edificios, E y F. El proyecto presentó dos sistemas internos para el movimiento de personas, el primero (SIMP 1), que une al edificio 1 del proyecto original con la estación de ferrocarril, y el segundo (SIMP 2) que une a los nuevos edificios con la misma estación.

En este tipo de configuraciones, por muy eficiente que sea el sistema interno para el movimiento de personas, la conexión entre el avión y el ferrocarril

resulta muy poco directa, siendo siempre más cómodo el acceso a través de otros modos terrestres como el automóvil.



TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Figura 5.3 - Acceso ferroviario y Sistema Interno de Movimiento de Personas en París - CDG ⁴⁹

Añadiendo Estaciones Ferroviarias a Aeropuertos ya Existentes

No en todos los procesos de planeación se cuenta con la comodidad de partir desde un escenario cero para implementar un nuevo aeropuerto con una conexión ferroviaria (como en Hong Kong o en Oslo). En muchos casos, el reto es agregar una nueva conexión ferroviaria a un aeropuerto que ha estado en funcionamiento y desarrollo durante décadas.

Zurich

La conexión ferroviaria del aeropuerto de Zurich es un ejemplo de esto, siendo construida cuando el aeropuerto ya llevaba un tiempo en funcionamiento y recientemente remodelada para dar un mejor servicio. La estación fue construida enfrente de uno de los edificios de pasajeros más nuevos, pero queda un poco lejos del primer edificio. Hasta antes de la remodelación, los pasajeros que querían ir a la estación de tren desde el aeropuerto debían salir del edificio de pasajeros a través de un pasillo que pasaba por encima de la calle de acceso al aeropuerto, teniendo que subir y luego bajar escaleras para atravesar la vía, y una

⁴⁹ Fuente: Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000

vez del otro lado, había que seguir bajando para llegar a las plataformas ferroviarias.

Con la remodelación, la estación ferroviaria se ha expandido por debajo de la calle de acceso hasta llegar debajo del vestíbulo principal del segundo edificio del aeropuerto, al cual se comunica directamente a través de unas escaleras eléctricas, ahorrándole a los pasajeros una subida y una bajada de escaleras para pasar sobre la calle, y en general, dando una mejor conexión. Además se han colocado 60 mostradores abajo en la estación ferroviaria del aeropuerto para el registro de los pasajeros y facturación del equipaje.

Londres – Heathrow

Los aeropuertos con sistemas descentralizados de varios edificios de pasajeros, serán siempre un difícil reto para los diseñadores del sistema de acceso terrestre. Actualmente la estación principal en la que dan servicio al aeropuerto tanto el metro (línea Piccadilly) como el Heathrow Express se encuentra en medio de los edificios 1, 2 y 3. Pero además se conectan con otra estación que da servicio al alejado cuarto edificio.

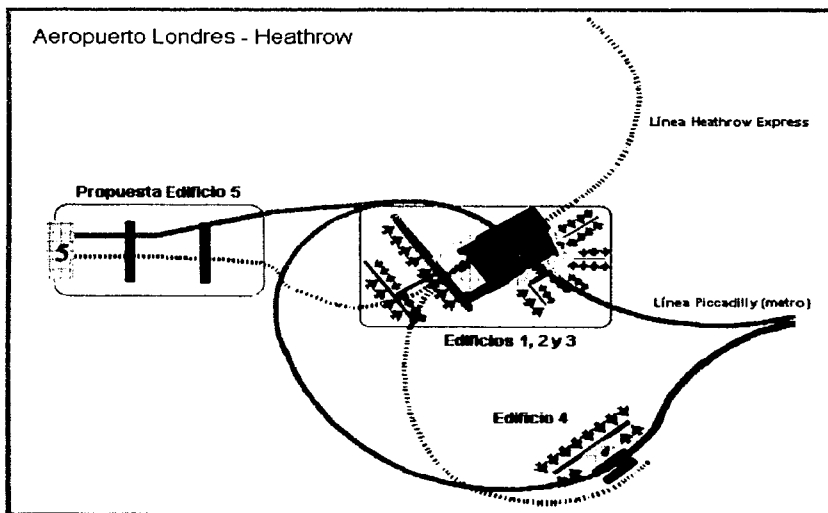


Figura 5.4 - Acceso Ferroviario en el Aeropuerto de Londres Heathrow⁵⁰

⁵⁰ Fuente: Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Pero en el futuro será aún más complejo, con la construcción del quinto edificio, que estará alejado tanto de los tres primeros como del cuarto, y tendrá también su propia estación ferroviaria. Lo que se ha planteado es que el Heathrow Express llegue a la primera estación (edificios 1, 2 y 3) y de ahí se divida en dos, la mitad de los vagones irán al edificio 4 como lo hacía antes todo el tren, y la otra mitad se irá ahora al edificio 5. La línea Piccadilly del metro hará algo similar.

Ubicaciones de Servicios de Facturación y Recuperación del Equipaje

Cuando existe una conexión ferroviaria en un aeropuerto, aún cuando esta sea buena, es muy probable que los pasajeros tengan que caminar distancias relativamente largas. Para evitar que estas distancias sean recorridas cargando equipaje, puede ser conveniente contar con mostradores auxiliares para el registro de los pasajeros y la facturación de su equipaje, dentro de las estaciones ferroviarias. Esto se presenta en aeropuertos como el de Frankfurt, Zurich y Copenhague.

Como se ha comentado, en el aeropuerto de Frankfurt existe una nueva estación para el servicio nacional de los trenes ICE, que se encuentra alejada de los edificios de pasajeros. Para mejorar la calidad de la conexión entre esta estación y el aeropuerto, no solo los pasajeros de salidas pueden facturar su equipaje ahí, también aquellos pasajeros de llegadas que hayan comprado su boleto de tren junto con su boleto de avión, podrán recoger su equipaje y pasar por aduanas dentro de la estación de ferrocarril.

Otra estrategia más agresiva es la que se sigue por ejemplo en el aeropuerto de Leipzig, en la antigua Alemania del Este. Este aeropuerto plantea la construcción de un edificio central al cual se transferirán todos los servicios de registro y facturación de equipaje así como de recuperación de equipaje y aduanas. Así la gente se moverá desde ese edificio central hacia los otros edificios o viceversa, sin su equipaje. En el edificio central, que se encuentra a un lado de la carretera, se ubica también la estación de ferrocarril.

El aeropuerto de Luton al oeste de Londres tiene un proyecto similar a Leipzig en donde se construirá un edificio intermodal a aproximadamente un kilómetro y medio del edificio actual, y todas las actividades de la zona terrestre del edificio serán trasladadas ahí. El aeropuerto de Luton se conecta a través de un servicio expreso con la estación londinense de Kings Cross en aproximadamente 20 minutos. Esta estación (Kings Cross) jugará un papel muy importante en cuanto al movimiento internacional de pasajeros al conectarse en los próximos años con el servicio Eurostar a través del Eurotúnel, y también la próxima conexión del Heathrow Express.

El Papel de la Configuración del Edificio de Pasajeros

Es un hecho que algunas configuraciones de los edificios de pasajeros de los aeropuertos son más fáciles de servir a través de conexiones ferroviarias que otras. Por un lado los aeropuertos descentralizados como París – Charles de Gaulle que no da servicio ferroviario a su primer edificio de pasajeros, el de Londres Heathrow que con su quinto edificio requerirá tres estaciones ferroviarias, o el aeropuerto JFK de Nueva York que requerirá hasta nueve estaciones para poder dar un servicio adecuado a todas las áreas de actividades en el aeropuerto. Esto complica la operación del sistema y confunde a algunos usuarios, especialmente a los no residentes.

Por otro lado en aeropuertos relativamente centralizados como Zurich, Oslo, Stansted o Hong Kong; el punto de transferencia del aeropuerto a la estación de ferrocarril se encuentra casi inmediatamente al salir de aduanas. La mayoría de los aeropuertos nuevos que están contemplando contar con una estación ferroviaria desde el inicio, tratan de idear posibilidades de expansión relativamente centralizadas que no requieran de la construcción de más estaciones ferroviarias.

Aeropuerto	Participación Ferroviaria *	Estaciones Ferroviarias	Configuración Compacta
Oslo	43 %	1	Si
Tokio Narita	36 %	2	No
Génova	35 %	1	Si
Zurich	34 %	1	Si
Munich	31 %	1	Si
Frankfurt	27 %	2	
Stansted	27 %	1	Si
Amsterdam	25 %	1	Si
Londres Heathrow	25 %	2	No
Hong Kong	24 %	1	Si
Londres Gatwick	20 %	1	Parcial
Paris CDG	20 %	2	No
Bruselas	16 %	1	Parcial
Paris Orly	14 %	Ninguna directa	No

* Estadísticas de 1998 excepto: Oslo – 1999, Narita – 1997, Heathrow - 1997, y Frankfurt - 1997.

Tabla 5.4 - Participación Ferroviaria y Configuración del Edificio de Pasajeros en los Aeropuertos de la Muestra ⁵¹

⁵¹ Fuente: Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000

En la tabla 5.4 se puede ver que los aeropuertos con los sistemas ferroviarios de mayor participación suelen caracterizarse por una sola estación ferroviaria conectada con una configuración compacta del sistema del edificio de pasajeros del aeropuerto, aunque por supuesto, existen casos donde son otros los factores más importantes

De la misma tabla 5.4, en cuanto al número de estaciones no puede concluirse mucho, ya que de los catorce seleccionados, solo cuatro tienen más de una estación, y estos se encuentran distribuidos más o menos uniformemente en la tabla. Puede decirse más respecto a la configuración, donde a excepción de Tokio Narita, todos los demás se encuentran en la parte baja de la tabla. Los dos aeropuertos de París además de tener una configuración descentralizada, no han realizado esfuerzos significativos por mejorar la calidad de la conexión, y se encuentran en los dos últimos lugares de la muestra.

5.4.4.- La Importancia de una Estrategia para el Manejo del Equipaje

Este es un reto que siempre se presenta al diseñar el sistema de acceso terrestre de un aeropuerto, especialmente en los grandes aeropuertos. Las opciones van desde no hacer nada especial, hasta crear un conjunto de puntos externos al aeropuerto en donde se ofrece el servicio completo de registro de pasajeros y facturación de equipaje. En cualquier caso existe una variedad de soluciones intermedias que se están poniendo en práctica en distintos lugares del mundo.

Heathrow

En la Estación Paddington de Londres se ha construido un centro de registro para el aeropuerto de Heathrow que ofrece los servicios de registro de pasajeros y de facturación del equipaje, además de contar con concesiones comerciales que ofrecen distintos tipos de servicios para los usuarios. El equipaje debe ser facturado dos horas antes de la hora de salida del vuelo, se cuenta con 28 mostradores y el Heathrow Express opera en dos andenes (6 y 7). A cada pieza de equipaje se le asocia un código de barras, y es transportada hacia el tren por una banda que corre por debajo del andén y luego sube a una zona segura junto al tren, a la cual los pasajeros no tienen acceso. En esta zona el equipaje se guarda dentro de un contenedor, y los contenedores se colocan en el vagón delantero del tren, exclusivo para carga. Existen cuatro contenedores, uno para cada uno de los cuatro edificios de pasajeros que existen en Heathrow. Un sistema de computadora tiene registrada, a través del sistema de códigos de barras, a cada una de las piezas de equipaje y el contenedor en el fueron almacenadas. Una vez que el tren llega al aeropuerto, se bajan los contenedores y un camión los transporta al edificio de pasajeros correspondiente, en donde entran al sistema junto con el equipaje que ha sido facturado en el aeropuerto. Los trenes tienen que descargarse y regresan a Paddington con los contenedores vacíos, en Paddington, los contenedores tienen que volver a cargarse en el

transcurso de los 15 minutos en los que el tren se encuentra esperando en el andén.

Hong Kong

El MTRC ofrece el servicio completo de registro en dos estaciones fuera del aeropuerto la Estación Central de Hong Kong y la Estación de Kowloon. Los pasajeros pueden facturar el equipaje 90 minutos antes de la hora de salida de su vuelo. Las autoridades del tren informan que en promedio un 53% de los usuarios de este tren utilizan este tipo de servicio, con un máximo del 70% en ciertas ocasiones. Hay que mencionar que el aeropuerto de Hong Kong es un aeropuerto que podría considerarse exclusivamente internacional, no hay muchos vuelos cortos y esto provoca que un mayor porcentaje de pasajeros facture equipaje en comparación con otros aeropuertos. La operación de carga del tren en la Estación Central de Hong Kong es similar a la de Paddington, pero no es igual en la Estación de Kowloon. En esta estación, al ser una estación intermedia, el tren no se detiene tanto tiempo, la carga del equipaje debe realizarse en un lapso de 60 segundos. Para poder operar de esta forma se ha establecido en Kowloon un sistema automatizado para cargar y descargar los contenedores de equipaje.

Gatwick

El aeropuerto de Gatwick ofrece este tipo de servicios en la Estación Victoria de Londres. El proceso de registro y facturación ocurre en un segundo piso para los usuarios de British Airways y a nivel de la calle para los usuarios de American Airlines. Las autoridades de Gatwick reportan que un 25% de los pasajeros de vuelos largos utilizan este servicio en la Estación Victoria, pero muy pocos de los pasajeros de vuelos domésticos lo hacen.

Kuala Lumpur

De todos los sistemas de atención externos, el de Kuala Lumpur es el único en el mundo que ofrece el servicio de reclamación de equipaje fuera del aeropuerto, en la Estación Central de la ciudad. Este sistema permite que los pasajeros con destino a Kuala Lumpur facturen su equipaje en su aeropuerto de origen con destino ya sea a la Estación Central de Kuala Lumpur, o al Aeropuerto de Kuala Lumpur. Una estrategia similar fue considerada al desarrollar el proyecto del aeropuerto de Hong Kong y el Express de Heathrow. En el caso de Hong Kong, el problema principal que se encontró fue la considerable necesidad de espacio adicional en la estación de ferrocarril de la ciudad para colocar la zona de reclamo de equipaje. Otro problema que se contempló fue que aumentarían los errores en cuanto al destino del equipaje, ya sea por culpa del pasajero o del personal de la aerolínea, provocando gran insatisfacción en los usuarios afectados.

Munich

Originalmente se planeó conectar al entonces nuevo aeropuerto de Munich con una estación en el centro de la ciudad donde se ofrecieran los servicios de atención externa, a través del sistema de trenes suburbanos S-Bahn. Así, en la estación Hauptbahnhof Lufthansa estableció un pequeño (dos mostradores) servicio de registro y facturación de equipaje. Un problema que surgió fue que la administración de los trenes argumentó que necesitaba el espacio para atender a su objetivo principal que es el de transportar pasajeros y no el de transportar carga. Por ello, tuvieron que transportar al equipaje de los usuarios del tren a través de autobuses. A mediados de los 90's Lufthansa abandonó el proyecto y lo substituyó por un simple sistema de registro para los pasajeros que no facturaran equipaje.

Servicios Nacionales de Manejo de Equipaje

En los ejemplos anteriores se ofrecía a los usuarios de un aeropuerto, el servicio de facturación de equipaje desde una o dos estaciones ferroviarias externas al aeropuerto. En estos casos, empleados de las aerolíneas se encuentran en las estaciones ferroviarias para atender a los pasajeros.

Pero en este caso, estos sistemas ofrecen a través de una red de estaciones ferroviarias conectadas a los aeropuertos más importantes del país, la posibilidad de que los pasajeros aéreos facturen su equipaje en cualquiera de las estaciones de la red, en distintas ciudades o incluso pueblos. Al ser decenas o hasta centenares (caso del sistema de Suiza) de estaciones externas al aeropuerto, a las aerolíneas les resulta imposible contar con empleados en todas las estaciones de tren que forman parte de la red de este sistema. Es por esto que se requiere que el equipaje sea facturado por personal del sistema ferroviario, lo cual implica que exista un acuerdo entre las aerolíneas y las autoridades ferroviarias para trabajar en conjunto.

El caso de Suiza es el más antiguo y desarrollado, lleva funcionando un par de décadas. Este servicio se ofrece en 116 estaciones de tren para los pasajeros con destino tanto al aeropuerto de Zurich como al de Génova, aunque aproximadamente el 80% del equipaje que se maneja a través de este sistema pasa a través del aeropuerto de Zurich. Los ferrocarriles suizos cobran el equivalente a US\$ 13 por cada maleta, se estima que aproximadamente el 6% del total de pasajeros que salen del aeropuerto de Zurich utilizaron este sistema, es importante recordar que el sistema ferroviario posee el 34% del mercado de acceso al aeropuerto de Zurich. Otra cuestión importante de señalar es que no existe una estación de tren en particular de la cual provenga la mayor parte del equipaje; la estación que más aporta es la de Berna con el 17% del equipaje que se maneja a través de este sistema, de Zurich proviene solo el 5%, un 10 % proviene de diversas zonas turísticas de descanso y el resto está repartido entre muchas otras localidades.

En Alemania los ferrocarriles (Deutsche Bahn) y la aerolínea Lufthansa tienen contemplado desde 1998 el sustituir en un futuro todos los vuelos alimentadores del aeropuerto de Frankfurt desde Dusseldorf, Colonia y Stuttgart. Para ello Lufthansa ha impuesto la condición de que se dé un cierto nivel de servicio en cuanto a tiempos de viaje, pero también en cuanto a un servicio completo de registro de pasajeros y de facturación de equipajes en las estaciones ferroviarias de origen.

5.5.- Proyectos y Posibilidades en México

Es muy claro que hoy en día en México, más allá de los sistemas metropolitanos, la actividad del transporte ferroviario de pasajeros es prácticamente nula. Por ello no parece muy cercana la posibilidad de contar con servicios ferroviarios como modo de acceso a los aeropuertos. Sin embargo existen importantes proyectos para el desarrollo de sistemas suburbanos en distintas ciudades e incluso de trenes de alta velocidad. Además, dadas las perspectivas actuales del sistema aeroportuario del centro del país, la posibilidad de enlazarlos ferroviariamente podría ser una solución a los problemas de enlace terrestre.

Situación del Sistema Aeroportuario en el Centro del País

Es de todos conocido que el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) se encuentra ya saturado y en ocasiones opera con niveles de servicio insatisfactorios. Dado el rechazo al proyecto de Tizayuca y a la posterior cancelación del proyecto de Texcoco, las autoridades han optado por distribuir el tráfico del AICM hacia distintos aeropuertos del centro del país. Así se presentó un proyecto emergente llamado Sistema Aeroportuario Metropolitano, el sistema está constituido por los aeropuertos de la Ciudad de México, Toluca, Puebla y Querétaro. La filosofía de este plan es que entre estos cuatro aeropuertos se atiende a toda la demanda de la región. En el AICM se tiene planeado invertir para aumentar la capacidad de algunos de sus subsistemas, sin embargo, el no poder aumentar la capacidad en pistas limita insalvablemente a la capacidad total del aeropuerto. También se han anunciado inversiones para ampliar la capacidad de los aeropuertos de Toluca y Puebla; y el nuevo aeropuerto de Querétaro se espera sea inaugurado a finales del presente año (2003). El problema es que bajo este esquema, aviones que desearían aterrizar en la Ciudad de México van a tener que hacerlo en alguno de los otros aeropuertos, a mucho mayor distancia del destino final de muchos de los pasajeros origen destino. Esto hace que el enlace terrestre de estos aeropuertos se convierta en un factor crítico si se desea mitigar en cierta medida el impacto negativo que este esquema de operación representará para algunos pasajeros aéreos. También está el problema de los pasajeros en tránsito, ya que es en el AICM donde se realiza el mayor número de escalas en el país. Al desviarse ciertos vuelos hacia los otros aeropuertos del sistema, la capacidad de realizar transbordos disminuye.

Proyecto de Trenes Suburbanos y la Conexión con el AICM

La primera línea del proyecto de los trenes suburbanos es a de Buenavista – Huehuetoca y en sí no permitirá el acceso a ningún aeropuerto, sin embargo otras de las líneas propuestas enlazaría al actual AICM con la estación de Buenavista, utilizando el derecho de vía existente del ferrocarril que va a Puebla. Este enlace sería vital, ya que podría conectar al AICM con toda la infraestructura ferroviaria que se llegue a desarrollar y convertiría a Buenavista en un punto neurálgico en el enlace del Sistema Aeroportuario Metropolitano. Si se desarrollara una estación ferroviaria en el AICM también se le podría conectar con Puebla, lo cual sería muy atractivo para el Sistema Aeroportuario Metropolitano.

La estación de Buenavista podría operar como centro neurálgico del proyecto de trenes suburbanos ya que se contempla que gran parte de los usuarios de los trenes suburbanos continúen su viaje a través del Metro de la Ciudad de México. Sin embargo la Estación Buenavista actualmente sólo se conecta con la Línea B del metro que va precisamente desde Buenavista hasta Cd. Azteca (Estado de México). Esta línea del metro no sirve para quines vienen del Estado de México hacia la Ciudad o viceversa; muchos de ellos tendrían que transbordar en las siguientes dos estaciones, Guerrero y Garibaldi para tomar las Líneas 3 y 8 hacia el sur y sureste de la ciudad respectivamente. Según se ha anunciado, en el 2005 se pondrá en operación la línea de tren suburbano Buenavista – Cuautitlán atrayendo a 320 mil pasajeros diarios. Para la operación de esta primera etapa se ha anunciado la construcción de 12 pasos a desnivel y un costo total de 600 millones de dólares. Al ampliarse la línea hasta Huehuetoca se contempla atraer a un total de 460 mil usuarios. Para poder desalojar a toda esta gente a través del metro es vital que se mejore la conectividad de la Estación Buenavista. Dentro del Plan Maestro del Metro se contempla la extensión de la línea B desde Buenavista hacia el Hipódromo de las Américas, lo cual mejoraría su conectividad con el poniente. Además se tiene contemplada la Línea 15 que iría a lo largo de toda la Av. Insurgentes, lo cual conectaría directamente a la Estación Buenavista con muchas zonas importantes de la Ciudad, y se desalojaría algo de la demanda de la Línea 3 que es hoy en día una de las más usadas.

Ahora, para el funcionamiento de la Estación Buenavista como un punto neurálgico de la comunicación de los aeropuertos del Sistema Aeroportuario Metropolitano con la Ciudad de México, se requeriría un funcionamiento distinto de la estación. Dadas las características de los usuarios de los aeropuertos, estudiadas a lo largo de la tesis, muchos de ellos no utilizarían al metro como acceso a Buenavista. Así, el acceso a través de superficie a la estación podría ser un problema importante. La Estación Buenavista se encuentra a un costado de la Av. Insurgentes, la cual sería paso obligado para todos aquellos que pretendan llegar en automóvil particular, taxi o autobús. Evidentemente habría que realizar obras para agilizar el acceso, además de desarrollar un sistema de estacionamientos considerablemente grande. Pero por mucho que se quiera

hacer, la verdad es que el congestionamiento ya existente de las vialidades a su alrededor, limita la capacidad de servicio de la Estación Buenavista.

El Nuevo Aeropuerto de Querétaro y el Tren de Alta Velocidad

El proyecto del tren de alta velocidad contempla ir desde Buenavista o Huehuetoca hacia Querétaro y posteriormente hasta Guadalajara, probablemente haciendo parada en alguna ciudad del Estado de Guanajuato. El Estado de Querétaro tiene un gran interés en el desarrollo de este proyecto porque además del importante beneficio que el ser un nodo dentro de un corredor de este tipo representa, podría impulsar fuertemente el desarrollo del nuevo Aeropuerto Internacional de Querétaro. Esto también sería muy beneficioso para el Sistema Aeroportuario Metropolitano ya que el enlace entre el Aeropuerto de Querétaro y el Valle de México tendría un servicio de mayor nivel y sería más factible desviar el tráfico aéreo hacia Querétaro. Aunando estos factores a la demanda existente en el corredor México – Guadalajara, podrían comenzar a acumularse intereses para el desarrollo del proyecto de este tren de alta velocidad.

Un problema que tendría el tren de alta velocidad entre Querétaro y la Cd. de México sería, precisamente, que el tren no llegara hasta la Cd. de México, sino que se quedara en Huehuetoca, como se ha contemplado en algunas presentaciones del proyecto. Sería una opción poco atractiva para los pasajeros aéreos de llegadas en el Aeropuerto Internacional de Querétaro el que para llegar a la Cd. de México tuvieran que tomar el tren de alta velocidad para llegar a Huehuetoca, luego tomar el tren suburbano para llegar a Buenavista, y luego de Buenavista tomar un taxi para llegar a su destino final. Si se piensa atraer a este tipo de usuarios, sería indispensable llegar directamente a Buenavista y contar ahí con un eficiente sistema intermodal.

Tizayuca y su Enlace Ferroviario

Dada la cancelación de la construcción del Aeropuerto de Texcoco, el proyecto de Tizayuca se mantiene latente, pudiendo ser retomado dentro de unos años. De construirse algún día, el Aeropuerto de Tizayuca y el actual Aeropuerto de la Ciudad de México operarían conjuntamente. Este esquema tiene sus ventajas y sus desventajas, por un lado no se desperdiciaría la infraestructura existente en el actual AICM, aunque este probablemente dejaría de ser un aeropuerto internacional. Por el otro lado, la operación tanto aeroportuaria como de las aerolíneas, se volvería más complicada y costosa, en el primer caso por el control aéreo, y en el segundo por perderse parte importante de las oportunidades de interconectividad de vuelos. En el Análisis de Ubicación del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México realizado por el Colegio de Pilotos Aviadores de México algunos de los rubros más desfavorables mencionados para el Aeropuerto de Tizayuca son:

- La distancia del centroide de demandas (80 km)
- Costos de Operación de las Aerolíneas / Itinerarios
- Operación Aeroportuaria / Interconectividad
- Costos del Transporte Terrestre (directamente relacionado con el 1er punto)
- Control de Tránsito Aéreo (operación simultánea de dos aeropuertos cercanos)

Es evidente que para contrarrestar estas debilidades, el Aeropuerto de Tizayuca requeriría de un sistema de acceso terrestre altamente desarrollado. En el proyecto desarrollado se contemplaba contar con un servicio ferroviario que lo conectara con la Cd. de México, específicamente con la estación de Buenavista. Según los análisis realizados por empresas como Bombardier Transportation y Constant, quienes trabajaron en el desarrollo del proyecto, se podría contar con un servicio que permitiría realizar el recorrido en poco más de media hora. La inversión total en el proyecto, que contemplaba la adquisición de trenes, maquinaria, equipo y el acondicionamiento de estaciones y vías, habría tenido un costo de 785 millones de dólares, aprovechando la doble vía hasta Jaltocan, el derecho de vía hacia Pachuca y teniendo que construir un tramo de 21 kilómetros para llegar hasta Tizayuca.

También existe otra posibilidad, que sería la de enlazar a Tizayuca, no con la Estación Buenavista, sino directamente con el Aeropuerto de la Cd. de México (Parque del Peñón). Esto está contemplado en el proyecto de los trenes radiales, como puede verse en la figura 4.8. Una conexión ferroviaria entre estos dos aeropuertos podría ser muy valiosa para conectar vuelos. La confiabilidad de los sistemas ferroviarios en cuanto a tiempos de recorrido es un factor muy valioso para la interconectividad de los aeropuertos, y por otro lado podría desarrollarse un sistema de manejo de equipaje, para que los pasajeros aéreos se trasladaran de un aeropuerto al otro sin tener que ocuparse de cargarlo. La conexión del tren dentro de los edificios de pasajeros también tendría que ser muy cuidada para que esta experiencia no resultara demasiado pesada. De esta manera podrían generarse mayores oportunidades de interconectividad en el sistema.

Pero cualquiera que sea el caso no se trataría de un servicio ferroviario exclusivo para los usuarios de los aeropuertos, ya que ambos proyectos contemplan contar con paradas intermedias a lo largo del recorrido, atrayendo a otro tipo de usuarios. A través de la atención a este volumen adicional se buscaría que el sistema fuera económicamente autosuficiente. Un inconveniente para los usuarios del aeropuerto sería tener que utilizar este servicio en sus horas de mayor demanda por parte de otros usuarios, disminuyendo severamente el espacio disponible y reduciéndose nivel de servicio.

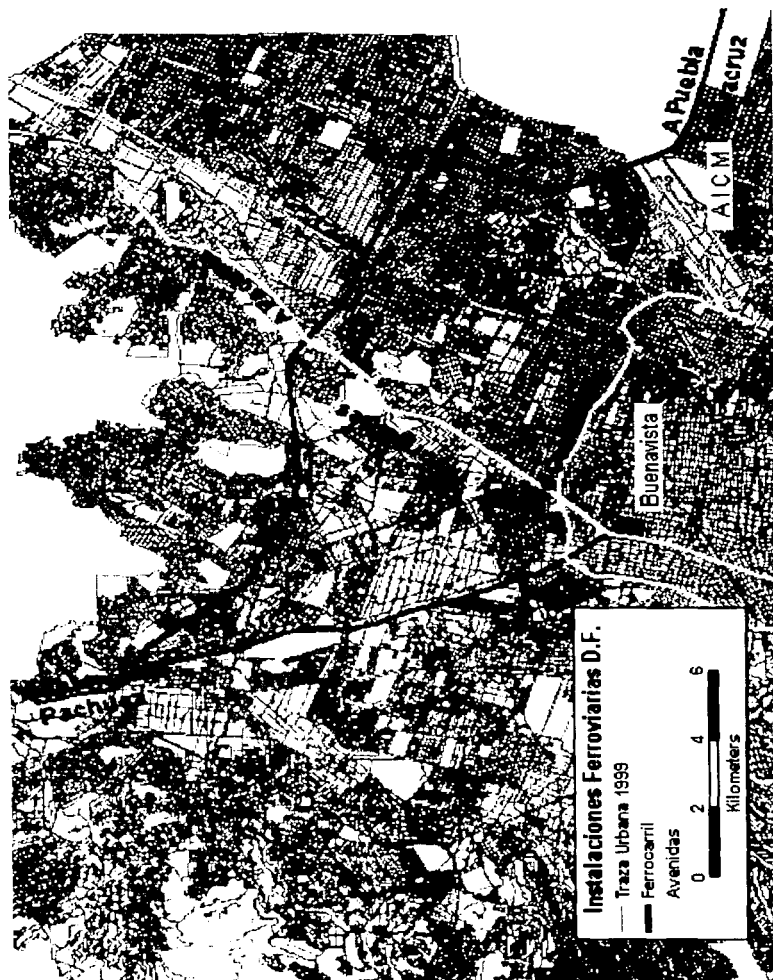


Figura 5.5 - Derechos de Vía Existentes en la Cd. de México con Utilidad para la Interconectividad de Aeropuertos.
Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

Conclusiones Generales

- Dada la saturación de las vialidades compartidas por los distintos modos de transporte sobre el pavimento en las más grandes ciudades del mundo, los aeropuertos deben buscar modos alternativos que les permitan ampliar la capacidad de sus sistemas de acceso.
- Un sistema ferroviario, de cualquier tipo que sea y más allá de la capacidad con la que cuente; no presentará una participación importante en el mercado de acceso a un aeropuerto si no ofrece claras ventajas (beneficios) a algunos importantes grupos de usuarios.
- Es muy importante la conexión que la o las estaciones ferroviarias tengan dentro del aeropuerto, más aún si éste tiene una estructura descentralizada. Una transición ágil con señalización clara y sin hacer recorrer largas distancias a los usuarios es fundamental para que la experiencia de acceso al aeropuerto a través del ferrocarril sea satisfactoria.
- Desde el punto de vista operacional, para que un sistema ferroviario tenga una participación importante en el mercado de acceso, primero que nada es necesario que el sistema pueda contar con una capacidad tal que se lo permita. Si el servicio ferroviario al aeropuerto no es exclusivo para este tipo de usuarios, puede que el espacio disponible dentro de los trenes para los usuarios del aeropuerto sea escaso. Si se van a compartir tramos de vías con otros sistemas ferroviarios, la capacidad (en cuanto a frecuencia del servicio) también se verá limitada.
- El contar con un sistema de acceso altamente desarrollado permite competir a los grandes aeropuertos con otros aeropuertos de tamaño similar que tengan influencia en la región, permitiéndole crecer más rápidamente que ellos.
- Para el análisis beneficio – costo del proyecto de un acceso ferroviario a un aeropuerto es importante considerar como beneficio a elementos más allá de los simples ingresos económicos directos provenientes de la operación del sistema. Algunos de estos beneficios son la disminución en la demanda del acceso a través de avenidas y carreteras, lo cual automáticamente hace que aumente el nivel de servicio que éstas ofrecen. Al prestarse servicios ferroviarios de alto nivel, no solo mejora la imagen del aeropuertos, también de la de la ciudad y del país, tanto en el ambiente de negocios como en el del turismo. La inauguración de servicios novedosos siempre puede utilizarse como publicidad.

- Por sus características, los distintos tipos de servicios ferroviarios al aeropuerto atraen en distintas proporciones a los distintos tipos de usuarios. A su vez, cada aeropuerto tiene una distinta composición en cuanto a sus tipos de usuarios. Es importante conocer las características particulares de los usuarios del sistema de acceso de cada aeropuerto para poder determinar que tipo de servicios ferroviarios pueden tener mayor aceptación en cada caso.

Conclusiones por Tipo de Servicio

a) Servicios de trenes expresos exclusivos a la ciudad:

- Los servicios de trenes expresos exclusivos que conectan a un aeropuerto con puntos estratégicos dentro de la ciudad, dan servicio principalmente a los pasajeros aéreos y el atractivo más importante que les pueden ofrecer es una importante reducción en el tiempo total de acceso al aeropuerto, aunque el nivel de servicio también es un aspecto importante.
- Es evidente que la ubicación de las estaciones ferroviarias dentro de la ciudad es un factor crítico. Dado que su capacidad de distribución directa es baja, si la ubicación de las estaciones no es muy buena, los servicios que ofrezcan sólo serán atractivos para muy pocos usuarios.
- Debe cuidarse también que la transferencia que se haga en la estación ferroviaria dentro de la ciudad sea lo más conveniente, ágil y cómoda posible. Puede ser atractivo ofrecer servicios completos puerta a puerta, donde el usuario pague una sola tarifa por el viaje en tren y su complemento en taxi o algún otro servicio de transporte similar.

b) Servicios de trenes compartidos al área metropolitana:

- Los servicios de trenes metropolitanos (metro) pueden prestar un muy importante servicio de acceso para muchos empleados del aeropuerto, además de a algunos pasajeros aéreos con poco equipaje.
- Los servicios de trenes suburbanos generalmente ofrecen un nivel de servicio un poco superior al de los trenes metropolitanos. Esto hace que puedan resultar más atractivos para los pasajeros aéreos, además de seguir siendo una importante posibilidad de acceso para muchos empleados del aeropuerto. Su cobertura sobre la ciudad no es tan densa como la de un sistema de metro, pero aún así ofrecen una mucho mejor distribución que los servicios expresos.

c) Servicios de larga distancia

- Estos servicios son importantes para aeropuertos que más que simplemente servir a una ciudad, busquen tener una influencia regional. Para su operación será necesario aprovechar en gran parte la infraestructura ferroviaria existente ya que el servicio al aeropuerto no podrá justificar la construcción de grandes redes.
- Los servicios de larga distancia a través de trenes de alta velocidad pueden permitir al sistema de pistas, calles de rodaje y plataformas de los grandes aeropuertos enfocarse en los vuelos relativamente largos desviando parte de la demanda de vuelos cortos a través del acceso ferroviario.
- Los servicios exclusivos de larga distancia alguna vez se prestaron en Alemania, pero han sido substituidos por los servicios compartidos.

Conclusiones en Cuanto a Posibilidades en México

- Dada la incapacidad del AICM para seguir creciendo al ritmo de la demanda aeronáutica de su zona de influencia, esta demanda tendrá que ser atendida en aeropuertos más lejanos. Ante esta circunstancia, los servicios de transporte ferroviarios ofrecen grandes oportunidades de comunicar de manera ágil a estos aeropuertos remotos con la Zona Metropolitana del Valle de México.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

ASHFORD, Norman; WRIGHT, Paul H. Airport Engineering. John Wiley & Sons. Tercera Edición, 1992.

HORONJEFF, Robert. Planificación y Diseño de Aeropuertos.

HOROWITZ, Alan; THOMPSON, Nick. Evaluation of Intermodal Passenger Transfer Facilities. University of Wisconsin. Septiembre 1994

Transport and Urban Development. E & FN Spon 1995. Editado por BANISTER, David.

INGRAM, Gregory K.; LIU, Zhi. Motorization and Road Provision in Countries and Cities. World Bank. 1997

RALLIS, Tom; Intercity Transport. Technical University of Denmark 1977.

Definición de Políticas para el Metro, Tren Ligero, Trolebús Urbano y Otros Medios de Transporte Masivo en un Nivel Metropolitano. Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad. Formación FOA Consultores S.C. México D.F. 1999

Transportation Congress. San Diego, California, Octubre 1995. American Society of Civil Engineers. Editado por LALL, B. Kent; y JONES, Daniel L.

OLIVEROS Rives, Fernando. Tratado de Explotación de Ferrocarriles, Tomo I Planificación. Editorial Rueda. 1983

HAY, William W. Railroad Engineering. John Wiley & Sons 1982.

Revista Passenger Terminal World. "Railway Renaissance", Oct 2000

Improving Public Transportation Access to Large Airports. Transportation Research Board. Washington D.C. 2000