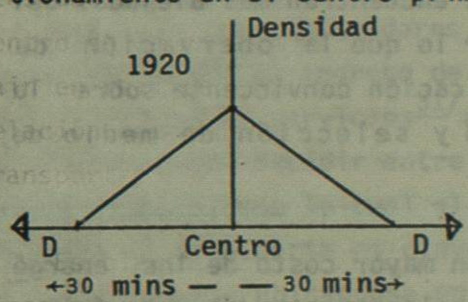
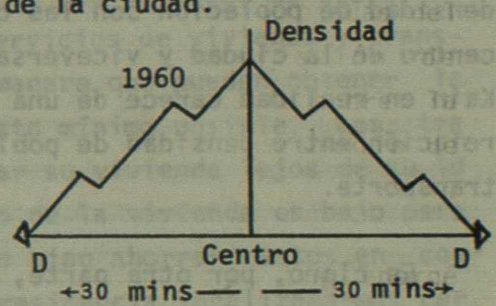
dic: Distancia entre el lugar "i" y el centro "c" de la ciudad.

t: Tiempo de traslado.

G: Costo de los energéticos.

Si bien Kain supone una estructura radial en las ciudades que analiza,[32] es necesario comentar que la tendencia, con respecto a la densidad de población, es la de crear centros urbanos "auxiliares" para reducir los costos sociales asociados al congestionamiento en el centro primario de la ciudad.





Según lo indica la gráfica,[33] mientras que en 1920 existía un solo centro y los límites del área económica funcional[34] estaban determinados por la distancia que era posible recorrer, digamos X kilómetros, para 1960, conjuntando los fenómenos de una mayor densidad de población en el centro de la ciudad y el desarrollo tecnológico en las comunicaciones y los transportes, ocurre tanto la aparición de nuevos centros como una expansión en los límites del área económica funcional, que posibilita, en el mismo lapso de tiempo (30 minutos en el ejemplo), cubrir una distancia considerablemente mayor, tal como X+y kilómetros.

32/ Es decir, Detroit y Chicago.
33/ La cual constituye solamente un ejemplo ilustrativo.
34/ Para revisar este concepto ver: K.A. Fox y T.K. Kumar: "The Functional Economic Area". Papers and Proceedings of the Regional Science Association. 1967.

CAPITULO III

TRANSPORTE INTERURBANO: PERFILES

En este capítulo se realizan las consideraciones pertinentes y la exposición de los modelos analíticos relacionados con la demanda por servicios de transporte interurbano de pasajeros y de carga.

A.- EL TRANSPORTE INTERURBANO DE PASAJEROS.

Los estudios de la demanda por servicios de transporte inter-urbano de pasajeros generalmente se fundamentan en el modelo de gravedad, que se ha expuesto con anterioridad. Para esta modalidad del transporte el fundamento teórico resulta mucho más elemental que para el caso del transporte intraurbano. El procedimiento básico consiste en calcular, para cada uno de los medios de transporte, una ecuación que relacione el volúmen o magnitud del flujo del origen hacia el destino, a través de medidad de la capacidad de rechazo por parte del origen y de la capacidad de atracción por parte del lugar de destino.

A continuación pasamos a exponer uno de los modelos más sencillos para estimar la demanda por transporte interurbano de pasajeros.[35] Se expresa primeramente la notación para en seguida especificar el modelo. Esto no es más que la adecuación de la hipótesis de gravedad al caso del transporte interurbano de pasajeros (lo cual demuestra la versatilidad de esta hipótesis).

35/ Basado en Isard et al, Op. Cit.

Sea:

V_{ij}^{mp} : Número de viajes del lugar (ciudad) de origen "i" al lugar (ciudad) de destino "j" por el medio de transporte "m" y con el propósito o motivo "p".36/

dij : La distancia entre los lugares "i" y "j" medida en términos de costo, dado que para el caso del transporte interurbano los diferenciales de costo entre los distintos medios de transporte son muy amplios, lo que no ocurre en el caso de transporte intraurbano.

Ai(P): Medida de la actividad "P" en el lugar de origen.

Aj(P): Medida de la actividad"P" en el lugar de destino.

wi,wj: Factores de ponderación para los lugares de origen y destino, respectivamente.
La selección de estos factores de ponderación depende de la actividad "P" que se esté analizando en el estudio. Así, por ejemplo, si se está considerando la demanda por transporte con el propósito de vacaciones, una ponderación adecuada sería la capacidad de gasto de la población. O bien si existen ciudades de tamaños muy diferentes, sería conveniente utilizar ponderaciones para eliminar el efecto "tamaño de ciudad" sobre las estimaciones de número de viajes.37/

36/ Esta última especificación es opcional para el modelo pudiendo definir la variable como V_{ij}^{m}

37/ Puesto que lo importante, para la generación de viajes, no es el tamaño de las ciudades, sino la magnitud de las actividades A(P).

El modelo en sí sería:

$$V_{ij}^{mp} = \frac{(w_i \; A_i^{\alpha}) \; (w_j \; A_j^{\beta})}{d_{ij}^{\gamma}}$$

Convirtiendo esta ecuación en su expresión lineal tendríamos:

$$\ln(V_{ij}^{mp}) = \alpha \ln(w_i A_i) + \beta \ln(w_j A_j) - \gamma \ln(d_{ij})$$

De esta manera es posible ajustar la ecuación y encontrar los parámetros (α, β, γ) por medio del análisis de regresión multiple sobre estadísticas históricas.

La etapa siguiente consiste en obtener proyecciones para las medidas de las actividades Ai y Aj, con el propósito de contar con el insumo estadístico necesario para proyectar V_{ij}^{mp}.

Es conveniente, para mayor precisión y seguridad en las proyecciones de Vij, estudiar las ponderaciones (wi,wj) y decidir si es necesario realizar ajustes a futuro; en otras palabras, es necesario decidir si se requiere proyectar también las ponderaciones.

Ahora bien, el empleo del modelo general de gravedad tiene el inconveniente de que se requiere emplear insumos de información estadística que resultan difíciles de obtener, siendo así un método costoso tanto en tiempo como en recursos de investigación.

Un modelo alternativo para el análisis de la demanda inter urbana por transporte de pasajeros en el de Quandt y Baumol.[38] Este, que generalmente se denomina "Modelo Abstracto", tiene la ventaja de poder representar, en una sola ecuación, las características de selección y empleo de medio de transporte por parte de la totalidad de los pasajeros que están siendo estudiados. Es decir, este modelo condensa en una sola ecuación la información correspondiente a todos los medios de transporte. Este representa una ventaja sobre el modelo de gravedad, puesto que, para un cierto número de pares de lugares de origen y de destino, solamente se tendría que contar con un juego de datos estadísticos igual al número de pares[39] multiplicado por el número de medios de transporte incluidos en el estudio.

Supongamos, por ejemplo, que deseamos estudiar los flujos de transporte de pasajeros entre cinco ciudades, tomando en cuenta tres diferentes medios de transporte. Se generan diez pares de ciudades para viajar de ida y diez paras en el caso de viajes de regreso. En el modelo abstracto tendremos entonces 20 pares de ciudades, lo que multiplicado por 3 medios de transporte nos arroja finalmente una ecuación de 60 observaciones. En cambio, en el caso del modelo de gravedad tendríamos que desarrollar tres ecuaciones de 20 observaciones cada una, puesto que sería indispensable ajustar una ecuación para cada uno de los medios de transporte.

Además de la ventaja de tener que ajustar una sola ecuación, se obtiene una mayor precisión en la estimación de los parámetros, puesto que el número de observaciones es mucho mayor

---

38/ Véase: Quandt, R.E. & W. Baumol: "The Demand for Abstract Transport Modes: Theory and Measurement". Journal of Regional Science. Vol. 6 (Winter 1966)

39/ Es decir, de pares de lugares de origen y de destino.

y, al mismo tiempo, la mezcla de los datos estadísticos correspondientes a los tres diferentes medios de transporte tiende a reducir la probabilidad del problema de la multicolinealidad de las variables independientes.[40]

El modelo abstracto puede ser descrito de la siguiente manera:

Sea:

- i,j: Puntos nodales (ciudades)
- k: Medios de transporte.
- T_{ijk}: Número de viajes entre "i" y "j" utilizando el medio de transporte "k"
- P_i, P_j: Poblaciones dela ciudad "i" y de la ciudad "j", respectivamente.
- r_{ij}: Medida de ingreso. En este caso se utiliza el ingreso medio ponderado de la ciudad "i" y la ciudad "j".
- H^b_{ij}: Tiempo mínimo de viaje entre las ciudades "i" y "j", donde el superíndice "b" indica mínimo.[41]
- H^r_{ijk}: Tiempo de viaje en el medio de transporte "k" entre las ciudades "i" y "j", dividido sobre el tiempo mínimo de viaja H^b_{ij}.
- C^b_{ij}: Costo mínimo de viaje entre las ciudades "i" y "j".
- C^r_{ijk}: Costo de viaje en el medio de transporte "k" entre las ciudades "i" y "j", dividido sobre el costo mínimo de viaje C^b_{ij}.

40/ En el caso del modelo de gravedad, cada ecuación contaría con un número relativamente pequeño de observaciones.

41/ Podría tratarse, por ejemplo, del tiempo de viaje por avión entre estas ciudades.

D^b_{ij}: Frecuencia máxima de salidas de la ciudad "i" a la ciudad "j" (esta variable no aparece en el modelo en forma explícita).

D^r_{ijk}: Frecuencia de salidas del medio "k" de la ciudad "i" hacia la ciudad "j" dividido sobre la frecuencia máxima de salidas D^b_{ij}.

La Ecuación del modelo de medio abstracto es entonces:

$$T_{ijk}=\alpha_0(P_i)^{\alpha_1}(P_j)^{\alpha_2}(C^b_{ij})^{\alpha_3}(C^r_{ijk})^{\alpha_4}(H^b_{ij})^{\alpha_5}(H^r_{ijk})^{\alpha_6}(D^r_{ijk})^{\alpha_7}(Y_{ij})^{\alpha_8}$$

En este modelo, las poblaciones en el origen y en el destino representan el factor de rechazo y el factor de atracción, respectivamente.[42/] Las variables "C", por su parte, representan el costo en tiempo. La variable "D" representa el grado o nivel de calidad de servicio que puede ofrecer el medio de transporte "k".[43/] En fin, la inclusión de la variable "Y" asegura la incorporación del factor de ingreso disponible para la estimación de la demanda por servicio de transporte.

Linealizando el modelo mediante el empleo de logaritmos naturales tenemos:

$$\ln(T_{ij}) = \ln\alpha_0+\alpha_1\ln(P_i)+\alpha_2\ln(P_j)+\alpha_3\ln(C^b_{ij})+\alpha_4\ln(C^r_{ijk})+\alpha_5\ln(H^b_{ij})+\alpha_6\ln(H^r_{ijk})+\alpha_7\ln(D^r_{ijk})+\alpha_8\ln(Y_{ij})$$

En esta forma se puede practicar un ajuste de regresión lineal múltiple.

42/ Con estos elementos queda incorporada la hipótesis fundamental del modelo de gravedad.

43/ Obviamente se puede pensar en medidas alternativas para la calidad del servicio.

El supuesto subyacente al modelo de Quandt y Faumol consiste en que los pasajeros seleccionan el medio de transporte mediante comparaciones con el medio de transporte que resulte ser el óptimo para cada uno de los tres factores a considerar en la demanda, es decir: costo monetario, costo en tiempo de traslado y calidad en el servicio.

Tal vez sería conveniente tratar de aclarar la exposición de este modelo mediante un ejemplo. Supongamos que se desea realizar un estudio del transporte de pasajeros entre cinco de las principales ciudades del país, que podrían ser el Distrito Federal, Guadalajara, Monterrey, Puebla y Ciudad Juárez y que los medios de transporte fuesen el avión, el ferrocarril y el autobús.

En estas circunstancias el número de observaciones en el modelo sería de 60, puesto que tenemos 20 pares de ciudades,[44/] y 3 diferentes medios de transporte. La información necesaria para el ajuste de la ecuación podría ordenarse en un cuadro como el que aparece en la página siguiente, donde se establece el valor que toman todas las variables para cada uno de los 60 casos.

Donde:

T_{ij}: Número mensual de pasajeros (miles).

P_i, P_j: Población (millones de habitantes).

C^b_{ij}: Costo de un pasaje de ida en el medio de costo mínimo (pesos).

C^r_{ijk}: Razón del costo de un pasaje de ida en el medio de transporte utilizado sobre C^b_{ij}.

44/ En este caso el par "i-j" sería diferente el par "j-i"; es decir, es un caso de permutaciones y no de combinaciones.

H^{b}_{ij}: Tiempo de traslado empleando el medio de transporte más rápido. Incluye el tiempo de traslado hacia y desde las terminales y el tiempo de espera. (Medido en horas).

H^{r}_{ijk}: Razón del tiempo de traslado en el medio de transporte utilizado sobre el tiempo que se empleo utilizando el medio más rápido.

D^{r}_{ijk}: Razón de frecuencia de salidas en el medio de transporte utilizado sobre la frecuencia máxima de salidas (p.ej. 6 utilizando el avión sobre 10 del autobús, que es el medio que ofrece la máxima frecuencia de salidas).

Y_{ij}: Ingreso per capita mensual medio ponderado.[45/]

Este modelo, como puede notarse, implica la adopción de una teoría de la demanda del consumidor para el caso de la mercancía "servicios de transporte" dado que, de acuerdo al modelo, el viajero optimiza la combinación formada por las variables costo en tiempo, costo en dinero y calidad del servicio. También es evidente que el modelo combina estas ideas con la hipótesis de gravedad, al incorporar variables de atracción, de rechazo y de fricción o distancia.

Otra tendencia que podemos identificar en los estudios de la demanda por transporte iterurbano es la que emplea la técnica de ajuste de series de tiempo por análisis de regresión. Esto conduce a la elaboración de modelos para el análisis y la predic_

45/ Esta medida ponderada puede obtenerse aplicando la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \frac{P_iY_i + P_jY_j}{P_i + P_j}$$

CUADRO HIPOTETICO: INFORMACION ESTADISTICA PARA EL AJUSTE DE UN MODELO TIPO BAUMOL-QUANDT PARA DEMANDA POR SERVICIOS DE TRANSPORTE INTERURBANO DE PASAJEROS: DATOS PARA 1980

Origen-Destino	T_{ij}	P_i	P_j	C^{b}_{ij}	C^{r}_{ijk}	H^{b}_{ij}	H^{r}_{ijk}	D^{r}_{ijk}	Y_{ij}
1. D.F.-Monterrey Avión	30	12	2	500	8	3.5	1	0.6	1.75
2. D.F.-Guadalajara Avión									
3. D.F.-Puebla Avión									
.									
.									
.									
20. Puebla-Juárez Avión									
21. D.F.-Monterrey FFCC									
22. D.F.-Guadalajara FFCC									
23. D.F.-Puebla FFCC									
.									
.									
.									
40. Puebla-Juárez FFCC									
41. D.F.-Monterrey Autobús									
42. D.F.-Guadalajara Autobús									
43. D.F.-Puebla Autobús									
.									
.									
.									
60. Puebla-Juárez Autobús									

ción de la demanda por los servicios de la demanda por los servicios de medios de transporte específicos.

Es evidente que estos modelos comparten los problemas inherentes a todo modelo de regresión por mínimos cuadrados, es decir, multicolinealidad, autocorrelación de errores, problemas de especificación de variables, etc.

Pasamos ahora a la exposición de un modelo simple para la estimación de la demanda por transporte aéreo.[46/] El modelo incorpora las siguientes variables:

Sea:

RPM: Volúmen de Demanda por Transporte. Estaría representado por el dato (indicador) de ingreso total en

FARE: Tarifa Real.
Ingreso por Km./Pasajero, deflactado por el índice de precios al consumidor.

DPI: Ingreso Personal Disponible (que también se puede deflacionar para tener el Ingreso Personal Real Disponible).

La especificación del modelo sería la siguiente:

1) $RPM = \alpha \, FARE^{\beta} \, DPI^{\gamma}$

Para mejorar el nivel de precisión que puede obtenerse en la estimación de los parámetros puede agregarse una variable representativa de la tendencia (TIME) con lo que el modelo modificado vendría a ser:

46/ Véase: U.S. Civil Aeronautics Board: "Measuring the Elasticity of Air Passenger Demand: A Study of Changes over Time from 1953 to 1964 "Washington, D. C. Feb. 1966.

2) $RPM = \alpha^{1} \, FARE^{\beta^{1}} \, DPI^{\gamma^{1}} \, TIME^{\phi}$

linealizando la ecuación podríamos expresarla de la siguiente manera:

2^{1}) $\ln(RPM) = \alpha^{1} + \beta^{1} \ln(FARE) + \gamma^{1} \ln(DPI) + \phi \ln(TIME)$

B.- EL TRANSPORTE INTERURBANO DE CARGA.

En el análisis de la demanda por servicios de transporte interurbano de carga examinaremos dos técnicas generales de proyección. Ambas técnicas comparten la característica de tener la capacidad de proporcionar proyecciones para cada medio de transporte.[47/]

Las técnicas que revisaremos en esta ocasión son las siguientes:

1o.- Análisis Insumo-Producto.

2o.- Programación Lineal.

Según se comprenderá posteriormente, ambas técnicas no son en realidad mutuamente excluyentes; por ejemplo, en el empleo de la programación lineal puede utilizarse la información básica que se encuentra en los cuadros Insumo-Producto.

En referencia a la primera de las técnicas, sabemos que la matriz de coeficientes técnicos contiene, como información básica, la cantidad de producto de un determinado sector que se requiere para lograr producir una unidad del producto de cualquier otro sector.

47/ El grueso de los usuarios utiliza por lo general el ferrocarril o el servicio de camiones.

Teniendo en mente lo anterior, es fácil deducir que, para poder utilizar el análisis Insumo-Producto en el tipo de problema que nos ocupa se requiere contar con una matriz interretional, en la que se encuentre desglosado el Sector Transporte para cada una de las regiones. Esta condición impone, evidentemente, la presencia de una gran cantidad de información estadística, puesto que existirá no solamente "n" sectores sino también "m" regiones.48/

Con propósito de ilustración supongamos que en el sistema que deseamos analizar existen tres regiones y cuatro sectores de actividad económica, a saber: Agropecuario, Industrial, Servicios y Transporte.49/ La estructura del resto del Cuadro sería la misma que para cualquier Cuadro Insumo-Producto agregado a nivel nacional. Los números romanos indican las regiones, en tanto que los números arábigos indican los sectores. El sector de demanda final está subdividido, según es costumbre, en Consumo (c), Inversión (I), Gasto Gubernamental (G) y Exportaciones (X). En el mismo cuadro, las "X" representan cantidades vendidas, expresadas generalmente en unidades monetarias. Por lo que respecta a los subíndices (sectores) y los superíndices (regiones), el de la izquierda identifica la región (sector) de origen y el de la derecha identifica a la (al de destino. (Ver cuadro en la página No.

De esta manera, por ejemplo, tenemos que ${}^{I}X^{II}$ representa el valor de los productos agropecuarios procedentes de la Región

48/ Estas por lo general se reducen a las entidades federativas de un país, debido a la escasez de información para unidades geopolíticas más pequeñas.

49/ Suponemos que se trata del transporte de carga. El transporte de pasajeros puede suponerse incluido en el Sector Servicios.

REGIONES Y SECTORES	Destino → / Origen ↓	REGION I 1	REGION I 2	REGION I 3	REGION I 4	REGION II 1	REGION II 2	REGION II 3	REGION II 4	REGION III 1	REGION III 2	REGION III 3	REGION III 4	C	I	G	X	TOTAL
REGION I	1. Agropecuario	${}^{I}X^{I}_{11}$				${}^{I}X^{II}_{11}$												
	2. Industrial																	
	3. Servicios									${}^{I}X^{III}_{31}$								
	4. Transportes	${}^{I}X^{I}_{41}$											${}^{I}X^{III}_{31}$					
REGION II	1. Agropecuario																	
	2. Industrial																	
	3. Servicios																	
	4. Transportes																	
REGION III	1. Agropecuario																	
	2. Industrial																	
	3. Servicios																	
	4. Transportes							${}^{III}X^{II}_{43}$										
	Importaciones																	
	Sueldos, Salarios y Préstamos																	
	Intereses																	
	Rentas																	
	Reservas de Capital																	
	Valor Agregado																	
	T O T A L																	