

de suelos-demanda por servicios de transporte.^{12/} Este problema resulta similar al de las proyecciones que se realizan en base a los modelos insumo-producto, donde se presenta una alta dependencia con respecto al supuesto de estabilidad en los coeficientes técnicos.

En los estudios de transporte urbano se procede a estudiar la ubicación de las áreas residenciales por una parte. Por otra, se estudia la ubicación de las áreas de trabajo para en seguida tratar de proyectar, para estos dos tipos de áreas, la red de demandas por viajes.

Además, en los estudios de demanda por transporte interurbano se enfatizan en mayor medida las relaciones insumo-producto espaciales; se trata entonces de identificar las diferentes áreas urbanas de acuerdo a su actividad exportadora más importante. Resulta evidente que los estudios de demanda por transporte interurbano se apoyan en la Teoría Base de Exportación, según la cual la región (que en este caso se identifica como el área urbana) depende, para su crecimiento económico, de una sola o una cantidad pequeña y bien definida de actividades económicas cuyo nivel a su vez, depende del comportamiento de la demanda externa por sus productos. En otras palabras, para la Teoría Base de Exportación de crecimiento regional o urbano, según sea el caso, depende de la demanda que se ejerza por los productos elaborados en la región. Siguiendo en forma consistente la tesis de base

^{12/} Un ejemplo está dado por la variación en la demanda por actividades recreativas, observándose una tendencia a trasladar la demanda por este tipo de servicios de lugares ubicados dentro de la ciudad hacia lugares ubicados en las afueras o "hinterland".

de exportación, para que un estudio de demanda por transporte sea más completo debe incorporar las características fundamentales del crecimiento regional; es decir, debe incluir el estudio de la migración interzonal (inter-regional) de los factores móviles de la producción-trabajo y capital.^{13/} Asimismo, es necesario proyectar los cambios en la composición del producto regional o urbano.

En el caso de los estudios de demanda por servicios de transporte interurbano en realidad nos encontramos con un estudio análogo a un sistema de ecuaciones múltiples; o sea, es necesario estudiar al mismo tiempo el comportamiento de la base económica de todas las áreas urbanas que nos interesan (que consideramos deben estar incluidas en el sistema) para, de acuerdo al estudio elaborado para cada una de las regiones, analizar en seguida los flujos migratorios que pueden incidir sobre los patrones de crecimiento en las diferentes áreas. Finalmente, la combinación del análisis insumo-producto con los estudios de ingreso-gasto nos permitirá predecir los cambios en los niveles de producción, así como las variaciones en los flujos interurbanos.

En esta forma se complica el procedimiento general para este tipo de estudios, ya que -según se discutió- no solamente se debe incorporar la teoría de base de exportación; es preciso también incorporar una segunda teoría, que incluya una explicación acerca de la naturaleza de las relaciones económicas entre las diversas regiones (áreas urbanas, en su caso) que forman un determinado sistema. Estos requerimientos pueden cubrirse mediante el empleo del Principio de Causación Acumulativa, según

^{13/} Esto suponiendo que el otro factor móvil de la producción, el cambio tecnológico, se encuentra incorporado en el trabajo y en el capital.

el cual el crecimiento económico de las diferentes áreas estará determinado por la capacidad que tengan para poder atraer, de otras áreas, factores móviles en la producción^{14/} y por la incapacidad que presenten otras áreas para retener estos factores. En esta construcción teórica, el proceso de crecimiento regional puede ser descrito de la siguiente manera: Una vez que se experimenta un impulso inicial de crecimiento en un área determinada, esto por sí mismo posibilita la atracción de recursos o factores de la producción hacia el área, lo cual constituye a su vez un segundo impulso para el crecimiento, reforzando así el impulso inicial de crecimiento, pasando el área a convertirse en un polo de desarrollo con las características que comúnmente se asocian a este fenómeno.

Se recurre al empleo de ambas hipótesis debido a la necesidad de contar con proyecciones no solamente de los patrones de crecimiento regionales, sino también con proyecciones de los flujos interregionales de factores de la producción y de mercancías. Se desea contar con proyecciones de los patrones de crecimiento, de producción y de especialización^{15/} de las diferentes áreas que conforman el sistema, para de esta manera pasar a la derivación de la demanda por generación de viajes.

B.- GENERACION DE VIAJES.

Ya que se ha estimado (proyectado) la localización espacial a futuro de la población y de las actividades productivas resulta necesario convertir la información generada por esta proyec

^{14/} Es decir, trabajo, capital y tecnología.

^{15/} De aquí se generan los patrones de comercio o intercambio interregional.

ción en una proyección de los requerimientos por servicios de transporte, es decir, de los patrones futuros de generación y destino de viajes en el espacio económico-geográfico.^{16/}

En el caso de la demanda por servicios de transporte que se genera por parte de las personas, la unidad básica de análisis más conveniente es la unidad familiar, de donde se desprende la importancia que tiene la Teoría de la Localización Residencial en el trabajo de proyección de la demanda por transporte urbano. De esta forma, el procedimiento para el análisis de este tipo de generación de viajes consiste en estudiar la unidad familiar y sus hábitos de trabajo, así como el respeto a sus actividades económicas y sociales, para en seguida pasar a predecir su demanda por servicios de transporte.

Para el caso del transporte de carga, lo que se requiere es contar con una proyección de la localización geográfica de la planta, conocer la estructura técnica de producción (para conocer la demanda espacial y sectorial por insumos), así como su área de mercado. Una vez contando con esta información, se hace posible la determinación de la demanda por el insumo "servicios de transporte". En términos generales, lo que se trata de realizar es, más bien que determinar con precisión y detalle las direcciones de los flujos de transporte, recurrir al procedimiento más sencillo de estimar la generación de viajes que se origina en cada uno de los puntos (áreas) del sistema y luego estimar las necesidades de transporte.

^{16/} Definido como el lugar geográfico en que se establecen las diversas áreas del sistema y en el que se realizan todas sus actividades de producción y de intercambio.

C.- INTERCAMBIO O DISTRIBUCION POR ZONAS.

Una vez que ha sido posible realizar proyecciones de los viajes que se originan en un área determinada, la siguiente etapa consiste en tratar de proyectar los viajes entre pares de áreas determinadas, para lo cual se requiere el empleo de modelos de intercambio por zonas.

La técnica que se ha empleado con mayor frecuencia para la estimación de los flujos de intercambio por zonas es el Modelo de Gravedad,^{17/} construcción analítica tomada de la física y por lo tanto perteneciente a la denominada Física Social. Este modelo consiste básicamente en la aplicación de la Ley de Gravedad de Newton a las relaciones humanas espaciales.

El enunciado del Modelo de Gravedad más sencillo y general es como sigue:

$$X_{ij} = \frac{f(P_i P_j)}{d_{ij}}$$

Donde:

X: Número de viajes generado durante un determinado lapso de tiempo entre dos "puntos" geográficos.

i: Área geoeconómica (que puede ser una región, una ciudad o una sección de un área urbana) de origen de los viajes.

j: Área geoeconómica de destino de los viajes.

^{17/} Existe una bibliografía extensa sobre este modelo. Una de las exposiciones más completas puede encontrarse en W. Isard et al: *Methods of Regional Planning*. The M. I. T. Press, Cambridge, Mass. 1960, Cap. 11, pp. 493-568.

P_i: Población en el área geoeconómica de origen.

P_j: Población en el área geoeconómica de destino.

d: Distancia.

Es posible especificar estadísticamente los parámetros correspondientes al modelo de gravedad por medio de estudios empíricos en los que se acumulen observaciones para estimar los parámetros por la técnica de regresión. En este modelo, así como en los modelos de gravedad en general, se puede clasificar a las variables como de Atracción (en este caso se trata de la población residente en el área geográfico-económica de destino) y de Rechazo (la población en el área de origen). La variable "distancia"^{18/} representa el grado en que la fricción del espacio afecta los flujos de población o de mercancías. De hecho los modelos de gravedad se usan ampliamente en los estudios de migración, ya sea interregional o internacional, de población. El número de variables de atracción y de rechazo de hecho se determina casi a voluntad del investigador, pero el principio básico es el mismo.^{19/}

Para satisfacer el objetivo de la determinación de los flujos interzonales puede también utilizarse un modelo de gravedad más completo, tal como el siguiente.

$$X_{ij} = \frac{(w_i P_i)^\alpha (w_j P_j)^\beta}{d_{ij}^\gamma}$$

^{18/} La que puede especificarse en diversas unidades de medida, tales como kilómetros en trazo lineal, kilómetros por carretera, tiempo de recorrido o costo monetario de recorrido.

^{19/} Véase Isard et. al, Op. Cit.

Donde:

X_{ij} : Número de viajes generados durante un determinado lapso de tiempo entre el área "i" (origen) y el área "j" (destino).

P_i, P_j : Población en el área de origen y en la de destino, respectivamente.

w_i, w_j : Ponderaciones para la población en las áreas de origen y de destino, respectivamente.

α, β, γ : Parámetros.^{20/}

d_{ij} : Distancia entre el origen y el destino.

Un ejemplo puede ilustrarnos la utilidad de las ponderaciones de la población en los estudios de la demanda por servicios de transporte: Si se está tratando de determinar los parámetros correspondientes a los viajes aéreos de pasajeros en un sistema de ciudades, es evidente que el empleo de los datos de población puede conducir a distorsiones en el modelo, ya que la existencia de una población abundante en una ciudad no implica necesariamente una demanda vigorosa por servicios de transporte aéreo de pasajeros. En este caso es conveniente ponderar los datos brutos de población por medio de algún indicador que represente la capacidad económica existente en cada una de las unidades que conformen el sistema. Un indicador adecuado sería el nivel de ingresos por habitante^{21/} para cada ciudad, puesto que la demanda por ese tipo de mercancía depende fuertemente de la capacidad de compra por parte de los demandantes.

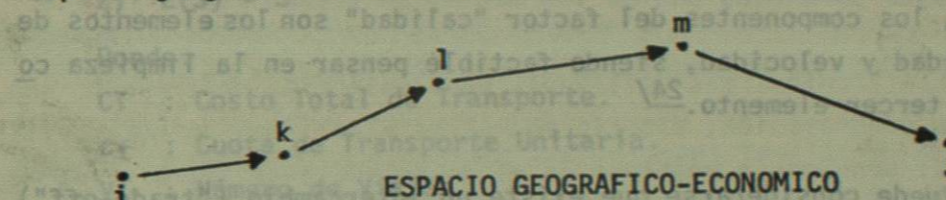
^{20/} A ser determinados mediante el análisis de regresión múltiple sobre la información estadística recabada.

^{21/} Para esto sería necesario suponer que la distribución del ingreso tiene las mismas características en todas las áreas sujetas a estudio. De otra manera, un indicador más adecuado sería la moda de los ingresos por habitante.

Transformado a logaritmos naturales ambos lados de la ecuación que expresa el modelo, tenemos entonces un modelo lineal de regresión múltiple:

$$\ln(X_{ij}) = \alpha \ln(w_i P_i) + \beta \ln(w_j P_j) - \gamma \ln(d_{ij})$$

Un modelo que toma en cuenta la influencia de los puntos intermedios entre "i" y "j" sobre los flujos que se realizan entre estos dos puntos es el Modelo de Oportunidades Intermedias. Esquemáticamente, este modelo intenta captar el efecto que los lugares k, l, m, etc., ejercen sobre la magnitud de los flujos entre los lugares "i" y "j", todos ellos ubicados en un mismo espacio geográfico-económico:



Una expresión simbólica del modelo de oportunidades intermedias puede ser la siguiente: ^{22/}

$$X_{ij} = \frac{P_i P_j \sum_{k=i+1}^{n=j-1} P_k}{d_{ij}}$$

En este caso estamos tomando la población que existe entre las localidades "i" y "j" como indicador representativo de las

^{22/} Donde la simbología es la misma que se utiliza para los modelos anteriores.

"oportunidades" que se presentan a una determinada unidad^{23/} que inicia su desplazamiento en "i" y cuyo destino final esperado es "j". Esta hipótesis tiene mayor validez cuando se aplica en estudios de movimientos de personas, ya sea permanentes (migración o bien transitorios (viaje)).

D.- SELECCION DEL MEDIO DE TRANSPORTE.

Los factores que influyen mayor medida para la selección de medio de transporte son, por una parte, las consideraciones de costos y precios en la generación de los servicios de transporte y, por la otra, la calidad de los servicios. Más concretamente, los componentes del factor "calidad" son los elementos de seguridad y velocidad, siendo factible pensar en la limpieza como un tercer elemento.^{24/}

Puede considerarse que existe un intercambio ("trade-off") entre precio y calidad, presentándose en este caso una relación directa (a mayor calidad, mayor precio y viceversa). Igualmente, dentro del factor "calidad" se presenta un intercambio entre la seguridad y la velocidad, en especial en el transporte terrestre, tratándose en esta instancia de una relación inversa.

Por ejemplo, la selección del medio de transporte puede ser determinada de acuerdo al Costo Mínimo, dado un cierto nivel de calidad que se espera por parte del medio de transporte demandado. En este caso, para resolver el problema, puede recurrirse al empleo de un Modelo de Programación, donde el planteamiento

^{23/} Trátase de un pasajero o de una mercancía.

^{24/} Aún más un cuarto elemento integrante de este factor puede ser el trato a los pasajeros por el personal de transporte.

consistirá en minimizar el Costo de Transporte sujeto a condiciones laterales que representen los niveles deseados o esperados de seguridad y rapidez. Conviene hacer notar que este enfoque puede aplicarse tanto el caso de transporte de pasajeros como de carga, cuidando únicamente de seleccionar indicadores adecuados para medir los factores en cada caso.

De esta manera, el modelo puede tener la expresión siguiente:

$$\text{Min CT} = c_t (V)$$

Sujeto a:

$$1) E(A) = A^*$$

$$2) E(S) = \bar{S}$$

Donde:

CT : Costo Total de Transporte.

c_t : Cuota de Transporte Unitaria.

V : Número de Viajes.

E(A): Esperanza de Número de Accidentes.

A* : Número Mínimo de Accidentes.

E(S): Esperanza de Velocidad.

\bar{S} : Velocidad Promedio (expresada en Kms./Hora) del Medio de Transporte.

En el caso del Transporte inter-urbano, el problema se complica en razón de que, en algunas ocasiones, los diferentes medios de transporte son complementarios y, simultáneamente, competitivos, tal es el caso del ferrocarril y del transporte por carretera, que pueden complementarse en tramos de una cierta ruta.

E.- ASIGNACION DE RUTAS.

Finalmente, por lo que se refiere a la asignación de rutas, esta etapa se encuentra íntimamente relacionada con la selección de medios de transporte.

La asignación de rutas consiste fundamentalmente en especificar los intercambios por zonas para cada uno de los medios de transporte disponibles, así como para aquéllos que se considera estarán disponibles dentro del período de proyección que comprende el estudio. Esto es especialmente válido para el caso del transporte interurbano; la tarea consiste en establecer un mapa de flujos para cada uno de los medios de transporte.

Las técnicas más utilizadas para este tipo de trabajo son las de programación, especialmente los algoritmos de ruta crítica. El problema a resolver es el de seleccionar, para cada medio de transporte, la ruta que minimice el costo en tiempo así como el costo monetario de los viajes.

CAPITULO II

LA DEMANDA POR TRANSPORTE URBANO

El interés principal, de acuerdo a la línea de exposición que se ha seguido, es contar con proyecciones de la demanda por transporte urbano, en especial el de pasajeros. En consideración a este enfoque, se trata de cubrir tres grandes temas, a saber: Modelos de Usos de Suelos, Generación de Viajes y Características de Noras Punta en la Generación de Viajes.

Para el estudio de la demanda por transporte urbano de pasajeros es indispensable suponer la existencia previa de una organización espacial^{1/} en la que existen uno o más centros, fundamentalmente de trabajo. Se parte, asimismo, de un postulado fundamental, es decir; que la localización residencial está basada en la relación que guardan las unidades familiares con los lugares de trabajo. Evidentemente es posible pensar en que la localización residencial puede obedecer a otros factores, tales como la ubicación de las instalaciones escolares, la existencia de un área (vecindario) preferente por contar con áreas verdes, la localización residencial de parientes o amigos, etc. Sin embargo, por el momento consideramos que, en la unidad familiar, el factor más importante de la decisión de localización residencial es la proximidad al lugar de trabajo del jefe de familia, por lo menos en la gran mayoría de los casos.

La proyección del transporte urbano de pasajeros consta en general de dos etapas:

^{1/} Es decir, que existe una serie de actividades económicas que se llevan a cabo dentro de un espacio geográfico delimitado y donde cada actividad tiene una ubicación espacial definida.