

APROXIMACIONES A UN MODELO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS EN LA MICRO-REGION DEL GRAN LA PLATA, ARGENTINA.

Ravella O.¹, Gershanik G., Di Tommaso W., Longo J., Klena S., Castagnet F.

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
Universidad Nacional de La Plata, calle 47 No 162, c.c. 487 (1900) La Plata, Argentina,
telefax 54-21-214705.

E-mail: IDEHAB@CESPIVM2.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se trata del desarrollo de un modelo sobre el comportamiento del sistema de transporte urbano de pasajeros de la micro-región del Gran La Plata, localizada a 60 km de la capital del país, con 655.000 habitantes. Se lo considerado un "sistema cerrado". Cuenta con diez empresas transportadoras con un total de 100 ramales. El modelo se realiza sobre la base del análisis del sistema existente y a partir de una muestra de origen-destino y de la elaboración de indicadores de frecuencia y/o cobertura espacial. Consiste sintéticamente en la graficación de una fórmula empírica que relaciona las variables demanda, cobertura espacial y frecuencias; a partir de las cuáles es posible determinar tres niveles de prestación del servicio: oferta, sobreoferta y suboferta. A partir de este análisis se diseñaron las variables y las restricciones para el desarrollo de un modelo de optimización.

Basándose en la necesidad de obtener información sobre la demanda en tiempo corto se presenta un método para la obtención de la información y análisis sobre la demanda. El método consiste en un cuestionario autorespondido realizado en las escuelas primarias de la micro-región. Se presenta asimismo, las formas de validación realizadas y las restricciones del método.

También se analiza la relación de la demanda a partir de lo que se ha denominado indicador de necesidad de frecuencia y/o cobertura espacial, que se formula a partir de la información cuantitativa y de la encuesta de opinión de los usuarios.

En base a estos indicadores se muestra un avance teórico de un modelo de optimización del costo/beneficio del sistema.

¹ Profesor investigador IDEHAB F.A.U., U.N.L.P.

1. INTRODUCCION

La demanda de viajes de la población, en ciudades medias y grandes, y que se constituyen en "sistemas cerrados"² se modifica a partir de las transformaciones estructurales que se producen en el territorio y que se manifiestan en:

- a. desaparición y aparición de nuevos puestos de trabajo.
- b. incremento del transporte individual y en otros medios alternativos.
- c. desocupación y flexibilidad laboral.
- d. incrementos diferenciales de población.

En este contexto la demanda no puede ser analizada según los métodos clásicos, que predecían a largo plazo su crecimiento a partir de las condiciones iniciales (el censo de encuesta de hogares), y a partir de cuyos resultados se planificaba la oferta. Asimismo la demanda depende, para algunos sectores importantes de la población, de la calidad del servicio que se manifiesta en la frecuencia, la cobertura espacial, la flexibilidad de la oferta, la seguridad, respeto de horarios y fluidez de tránsito. Estas variables influyen en el incremento de la demanda que es el objetivo fundamental para disminuir el transporte particular.

Asumiendo esta realidad se ha planteado la necesidad de conocer las modificaciones de la demanda en tiempo corto y analizarla desde la oferta, a través de lo que se ha denominado indicador de frecuencia (producción de viajes/frecuencias) y el indicador de cobertura (producción de viajes/cobertura espacial/distancia recorrida). En este sentido se han desarrollado indicadores que relacionan la producción con la frecuencia y la cobertura espacial, y un método para el mantenimiento actualizado de la información de la demanda. En este trabajo se presentan el desarrollo teórico de los indicadores mencionados y el método para relevamiento de la información.

El estudio se realizó en la micro-región del Gran La Plata, localizada a 60 Km de la Capital Federal. Está constituida por los partidos de La Plata, Ensenada y Berisso, interrelacionados por las actividades productivas, terciarias y culturales, que las vinculan unívocamente desde la organización del territorio en 1882, situación que se mantiene a pesar de su desmembramiento jurisdiccional en 1959.

La micro-región, con 651.711 habitantes en 1991, mantiene un aumento moderado de población siendo del 13,6% en el período 80/90, según el Censo de Población y Vivienda del INDEC. De los 651.711 habitantes de la micro-región, 208.000 residen en el casco original de La Plata y 451.711 en la periferia inmediata, incluyendo los partidos de Berisso y Ensenada. Estos se originaron como localizaciones de población relacionadas con las actividades portuarias y frigoríficas respectivamente, concentrándose en La Plata las actividades terciarias.

El sistema de transporte urbano de pasajeros cuenta con diez empresas y 100 ramales, 5 de las cuáles pertenecen a la jurisdicción provincial y 5 a la jurisdicción municipal.

2 Entendemos como sistema cerrado, aquel en el cual orígenes y destinos se encuentran contenidos dentro de un mismo territorio

La demanda se analiza a partir de un estudio de origen y destino de viajes de la población implementada con dos metodologías diferenciadas: una encuesta realizada a través de los alumnos de 6^{to}. y 7^{mo}. grado en las escuelas primarias de la región, y una encuesta de hogares dimensionada a partir de los datos obtenidos en la primera. Se concluye con lo que denominamos "indicador de frecuencias" que posibilita el análisis de la relación entre la demanda y la oferta.

2. LA DEMANDA

Partiendo de la necesidad de contar con información de la demanda en tiempo corto y con bajo costo, se puso en práctica un método que consiste en el relevamiento bianual, a través de cuestionarios autorrespondidos, realizados en las escuelas primarias de la región. Se consideró, que esta era una forma de participación de toda la sociedad en un problema tan acuciante como el del transporte.

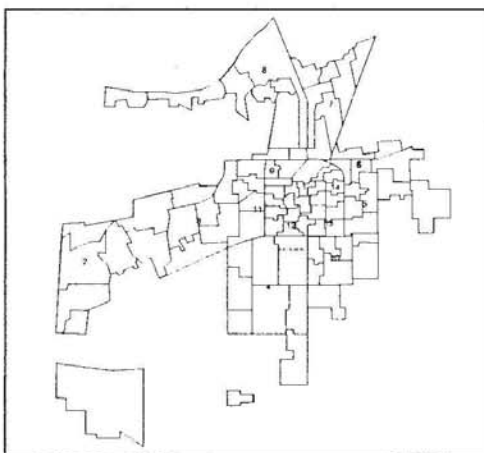


Figura 1: ZONAS Y MACROZONAS DE TRANSPORTE

En 1988 se implementó, a partir de restricciones presupuestarias, el cuestionario autorrespondido a través de las escuelas primarias, con el que se realizó un primer estudio de la demanda. Para su análisis se dividió la micro-región (áreas urbanas y suburbanas) en 91 zonas, denominadas "zonas de transporte" (Figura 1). Estas zonas de transporte se conforman con radios censales enteros, e involucran como mínimo un corredor de transporte. La cantidad de habitantes varía entre 3.500 y 9.000. Lo ideal sería poder conformar las zonas con similar cantidad de habitantes, cosa posible en el casco urbano pero imposible en las áreas periféricas por la dispersión y diversidad de características.

Las "zonas de transporte" se constituyen en la unidad mínima para estudiar la producción de los viajes cotidianos de la población. Permiten conocer, con un nivel de confianza del 90 % y un error que varía entre el 12% y el 25%, la producción de los viajes y la distribución dentro de la misma zona y hacia la zona de mayor atracción, en este caso, el centro de la ciudad de La Plata.

Para analizar los destinos hacia el resto de la micro-región, se agruparon varias zonas conformando así "macro-zonas" (Figura 1), atravesadas por corredores de transporte comunes y que se constituyen en las nuevas "zonas de atracción". El reagrupamiento se realiza a partir del análisis de la información obtenida y se basa en la necesidad de disminuir el error en la expansión de la distribución de viajes, error que se incrementa por la gran dispersión de los destinos. Este agrupamiento de zonas proporciona información sobre el flujo en los distintos corredores. Estudios complementarios determinarán la distribución de ese flujo a lo largo del corredor.

La unidad de relevamiento adoptada fue el hogar, entendido como todas las personas que conviven en una misma unidad habitacional independientemente de la relación de parentesco entre ellas. Es decir, lo que interesa en esta investigación son los viajes diarios, que las personas realizan como mínimo cuatro veces por semana, por motivo de trabajo y/o estudio, desde un "hogar" determinado.

El tamaño de la muestra surge de la bibliografía consultada, que recomienda la utilización de coeficientes ya probados en trabajos similares, y que determinan la cantidad de encuestas en función del tipo y tamaño de las ciudades. El tamaño de la muestra se fijó tomando como base la propuesta de M. Bruton en "La Planificación del transporte". Basándose en la cantidad de viviendas ocupadas obtenida del Censo '80 y el óptimo recomendado, se definió una muestra de 4.000 hogares. Sin embargo, dada la variabilidad de la densidad y los distintos grados de consolidación de la periferia que complejizan la planificación del transporte, sin una buena información, se consideró conveniente subdividir la micro-región en dos áreas: El casco urbano de la ciudad considerada como una ciudad de entre 150.000 y 300.000 habitantes y el Gran La Plata (incluyendo Berisso y Ensenada) como otro conglomerado de entre 300.000 y 500.000 habitantes. Se decidió el mínimo nivel de encuestamiento sugerido por tabla (1c/35 viv.) para el casco y el excedente de encuestas se distribuyeron en el Gran La Plata, obteniendo una muestra de 1/17 viv. que implica un valor muy cercano al óptimo especificado. Los resultados de la muestra a través de las escuelas fueron verificados con los resultados obtenidos en la encuesta domiciliaria realizada en 1993.

La información que se pierde en el casco no afecta principalmente el estudio, ya que la accesibilidad al transporte público de pasajeros es en términos generales, muy buena. No ocurre lo mismo con la conectividad del sistema, pero para su determinación no es necesario un exhaustivo análisis de orígenes y destinos.

Debido a que la información censal más cercana databa de 1980 y la aerofotogrametría era reciente, con la que se podía obtener solamente las áreas de crecimiento y el grado de consolidación. Se analizaron tres formas de distribución y se adoptó el criterio de: dimensionar la muestra proporcional a la población de cada zona respecto de la población total y distribuirla, para las áreas periféricas, proporcionalmente a la consolidación aparente de las manzanas, tal como surgía de las fotos aéreas recientes. De esta manera se trató de evitar la aleatoriedad que implica la posibilidad de potenciar muestras en zonas de baja densidad y perder información en zonas más densas. Por esta misma razón se desestimó la técnica de los muestreos sistemáticos clásicos ya que, por ejemplo, una muestra cada tantas manzanas sin distinción de ninguna índole daría peso estadístico a manzanas casi deshabitadas en detrimento de otras consolidadas, creando verdaderos "espejismos".

La obtención de los datos a través de un cuestionario que debía ser autorrespondido por la familia, a través de la información transmitida por los hijos estudiantes primarios. Se diseñó con preguntas cerradas, que identificaban las variables: cantidad de miembros del hogar, característica de los viajes que realizaba cada uno de ellos, destino y horario de los viajes y medio de transporte utilizado; y preguntas abiertas sobre problemas que se habían detectado como de interés de los usuarios del transporte público. Precedía a las preguntas una presentación en las que se explicaban los motivos del cuestionario y quienes los realizaba y un ejemplo del modo de uso del mismo.

La encuesta se realizó sólo en los sextos y séptimos grados, abarcando así una franja de hogares cuyos jefes estarían entre los 28 y 55 años e hijos entre 0 y 20 años, que constituyen una franja importante de la población económicamente activa.

Se realizó una encuesta de origen/destino domiciliaria en dos zonas con el objetivo de validar los datos obtenidos por el cuestionario autorrespondido



Se distribuyeron 12.000 formularios, de los 4.000 que se estimaron necesarios, en previsión de un alto porcentaje de no respuestas. Se obtuvieron 2.800, es decir, el 25% de los cuestionarios repartidos y el 70% de los necesarios. En 30 zonas (de las 91) se obtuvo la cantidad o más de encuestas necesarias, en cuarenta zonas se obtuvo entre el 50% y el 80% y en el resto menos del 50%.

La encuesta de hogares tradicional (domiciliaria) se realizó en dos zonas, como muestra piloto para validar la información anterior. Una de estas dos zonas se eligió por ser periférica, estar perfectamente encuestada y tener un grado de consolidación correspondiente a la primera categoría, es decir, entre el 100% y el 75%. La otra zona, en cambio, presentaba los distintos grados de consolidación descriptos y un área más extensa.

La muestra que se obtuvo, es una muestra sesgada, en la cual predominan los viajes de los escolares, y no están correctamente representados los sectores entre los 18 y 29 años y los de más de 55 años. Además, en los antecedentes de estudios similares, no se consideraban importantes los viajes de los escolares menores de 14 años. En la muestra realizada surgió una importante movilidad de este sector.

Dado que el tamaño de la muestra, no cumplía con la cantidad mínima necesaria, sólo se analizaron los datos de movilidad de población sin tener en cuenta el medio de transporte utilizado. Para analizar la expansión, se fijó la siguiente pauta: Estudiar a las personas de 14 años o más y menores de 60 años que por razones de trabajo y/o estudio se trasladasen a más de diez cuadras desde su hogar al menos cuatro veces por semana, sin aclarar el medio utilizado.

Para determinar el grado de confiabilidad de la muestra obtenida en escuelas, se diseñó un mecanismo que consistió en:

- a. Construir, para obtener el menor error posible, una "muestra virtual" sobre la base de los datos de la muestra escolar y la de hogares y utilizando el mejor encuestado de cada una (no la suma de datos) para cada intervalo de edades (cinco años)
- b. Analizar el comportamiento en la expansión de la muestra de hogares en función del resultado de la anterior.

La zona testigo (encuesta de hogares) presentaba condiciones óptimas para ser tomada como "estudio piloto", ya que fue encuestada por hogares y, además, se contaba con la cantidad adecuada de respuestas conseguidas por el formulario autorrespondido. Asimismo, la pirámide de edades obtenida por la encuesta domiciliaria era similar a la publicada por el INDEC para La Plata. La población de la zona era de 8.326 habitantes.

Con un nivel de confianza del 90% el error posible medio ponderado es del orden del 31%. El resultado estaría indicando que el 56,6% de la población de la zona 26 viajaría por algún medio a su trabajo o por razones de estudio al menos cuatro veces por semana. La relación entre habitantes y cantidad de viajes es de 0,56 viajes por habitante, dato que se ajusta a otros extraídos por diversas fuentes. Se concluye que, con estos ajustes, los datos podrían brindar información adecuada sobre la movilidad de la población.

Para analizar la muestra escolar con relación a los resultados anteriores, se tomó un universo acotado que comprende a personas entre 14 años hasta 60 años para no potenciar los viajes escolares lo que distorsionaría el número final de viajes.

Del total de personas encuestadas (133) el universo de personas entre 14 y 60 años fue de 86, es decir, el 63,5% de las personas encuestadas que viajaron. El porcentaje de personas entre 14 y 59 años, según datos del Censo INDEC '80, es de 60,1 % siendo este el universo de estudio adoptado.

La cantidad probable de viajes es de 4.364 viajes. El resultado es ligeramente menor que el obtenido a través de la muestra virtual. Se considera poco probable que este resultado pueda mejorarse en función de expandir una muestra tan anómala en su distribución. Sin embargo, este tipo de muestra, por su bajo costo, tendrá valor en tanto se utilice para mantener actualizada la información de una muestra de hogares, que debiera realizarse en correspondencia con los censos nacionales.

En los gráficos 1 y 2 se muestra la razón de la producción de viajes internos y hacia otras zonas. Se verifica que en la mayoría predominan la producción de viajes hacia otras macrozonas.

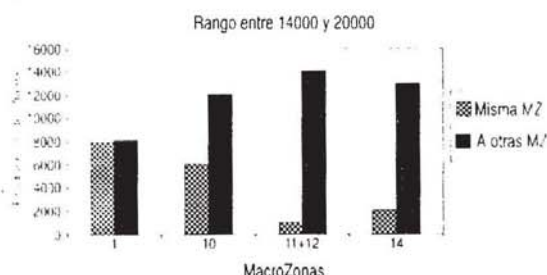


GRAFICO 1. Producción de viajes en zonas con rangos entre 14000 y 20000 viajes

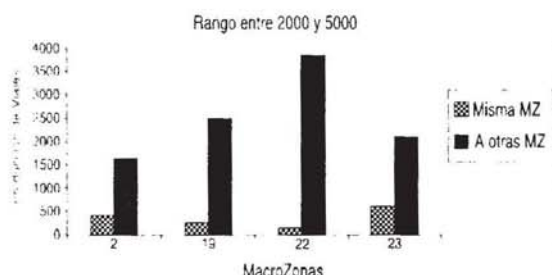


GRAFICO 2. Producción de viajes en zonas rangos entre 2000 y 5000 viajes

La excepción la constituye la macrozona central que es la que atrae la mayor cantidad de los viajes de la microregión como se ve en el gráfico 3.

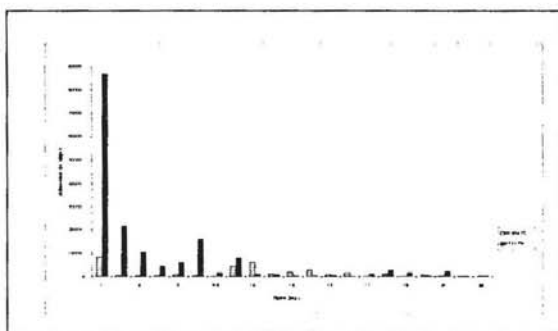


GRAFICO 3. Atracción de viajes

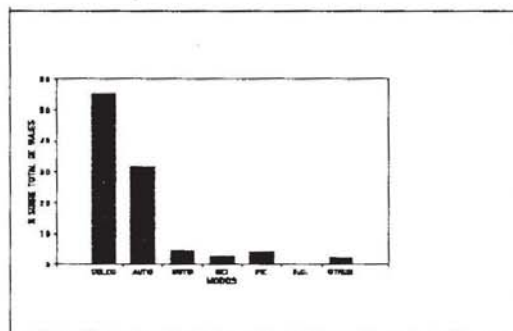


GRAFICO 4. Medios utilizados. Porcentajes.

En relación a los motivos de viajes en transporte público el 59 % son por trabajo, el 31 % son por estudio y el 10 % por otros motivos.

Respecto a los modos utilizados (gráfico 4) el 58,6 % de los viajes se realizan en transporte público de pasajeros, el 28,9 % en automóviles particulares. Si bien en esta encuesta se registró una muy baja cantidad de viajes en tren, sólo el 0,2 %, el mejoramiento de este medio en el último año nos permiten estimar que estos viajes han aumentado en un porcentaje cercano al 5%. El porcentaje de viajes en bicicleta (2,4 %), es importante fundamentalmente en las áreas periféricas, pero su utilización va en disminución debido al incremento vehicular y la falta de infraestructura adecuada.

3. TECNICAS DE ANALISIS OFERTA/DEMANDA

A partir de los estudios realizados en este período se han detectado algunos posibles instrumentos que están siendo desarrollados en el presente y que serían herramientas adecuadas para que, tanto los organismos de control y regulación del transporte como las empresas transportistas, puedan tomar decisiones en la determinación de las características a la que debiera ajustarse la oferta en distintos períodos.

La relación oferta/demanda se ha analizado a partir de:

1. La demanda desagregada por zonas de transporte (cantidad de viajes producidos).
2. La oferta, considerando las frecuencias del servicio en las horas relevadas.
3. La cobertura, entendida como la relación entre el área ocupada, la población y el área influenciada por el corredor de transporte.

Para relacionarlos se elaboró: a) un “indicador de necesidad de frecuencia y/o cobertura espacial” que permitiría conocer cuál es la característica del servicio en una zona determinado; b) un indicador de la “distribución espacial de relación oferta/demanda”; c) elaboración de un modelo matemático que tiende a la optimización del sistema de transporte público.

3.1 INDICADOR DE NECESIDAD DE FRECUENCIA Y/O COBERTURA ESPACIAL.

El Gráfico 5 permite determinar la relación entre la demanda de transporte público desagregado por zona de transporte (frecuencias de los viajes) y la oferta (cobertura espacial).

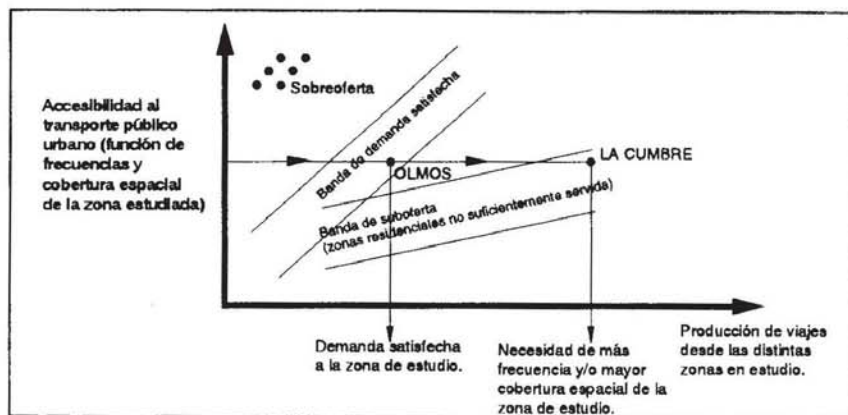


GRAFICO 5. Indicador de necesidad de frecuencia y/o cobertura espacial



A través de este diagrama se pone de manifiesto la relación entre la demanda y la oferta. En las coordenadas de las X se grafica la generación normalizada de viajes (producción de cada zona de estudio) con respecto a la población de una que se toma como unidad. La definición de la zona tomada como "unidad" es relativa y puede evidentemente variar en los distintos conglomerados urbanos. No obstante como idea inicial debería tomarse una zona de transporte cuya población fuese lo más aproximada posible al valor promedio de todas las zonas en estudio.

En el eje de las Y se grafica la accesibilidad al transporte público, una variable empírica que es función de las subvariables: frecuencias en horas valle que atraviesan la zona en estudio, el área ocupada de la zona en estudio y el área de influencia o servida por transporte público. En este caso se tomó como unidad una zona con demanda satisfecha de viajes y otra con demanda insatisfecha de frecuencias o de cobertura espacial. La franja que queda por debajo, muestra la banda de suboferta. La franja superior la banda de demanda satisfecha.

Como valor testigo de demanda satisfecha debería usarse una zona en la cual el resultado de las encuestas (proveniente de los datos de las preguntas abiertas) no registre quejas con respecto a frecuencias o cobertura espacial. La falta de conectividad con otras zonas no tiene que ver con el diagrama, ni con la accesibilidad.

Asimismo, desde la teoría, la "zona unidad" debería presentar una cobertura espacial próxima al promedio de las coberturas espaciales de cada zona de transporte, y contar con una frecuencia de servicios que tendrá que estar próxima a la sumatoria de los promedios de las frecuencias, en horas valle, de todos los ramales que la atraviesen. Las frecuencias consideradas son aquellas con destino al centro de atracción de viajes más importante, ya sea el centro de la ciudad, o un centro fabril o comercial. Como verificación final se requiere que forme parte de una recta resultante de un análisis de regresión lineal con valores que estén lejos de comportamientos extremos.

Para poner a punto este mecanismo teórico de análisis de oferta/demanda, es necesario contar con la siguiente información: 1. Un estudio de frecuencias reales, y de intensidad de transporte público en la zona (vehículo/unidad de tiempo); 2. Una evaluación del coeficiente de ocupación por unidad en cada zona, y eventualmente corroborar si las quejas del público condicen con la realidad.

Se ha detectado que las personas que no viajan cotidianamente en transporte público se quejan por falta de buenas frecuencias, pero en realidad ocurre que desconocen los horarios y eventualmente la regularidad de su cumplimiento.

Este mecanismo debidamente calibrado para toda una micro región que conforme un "sistema cerrado" de transporte público, puede convertirse en una herramienta idónea, ya que del análisis particular de cada zona puede articularse un sistema global óptimo de transporte.

La construcción del indicador se basa en conceptos tradicionales en el estudio de la planificación del transporte. Lo novedoso que se incorporó es la articulación de los distintos indicadores: producción de viajes, área ocupada, frecuencias y cobertura.



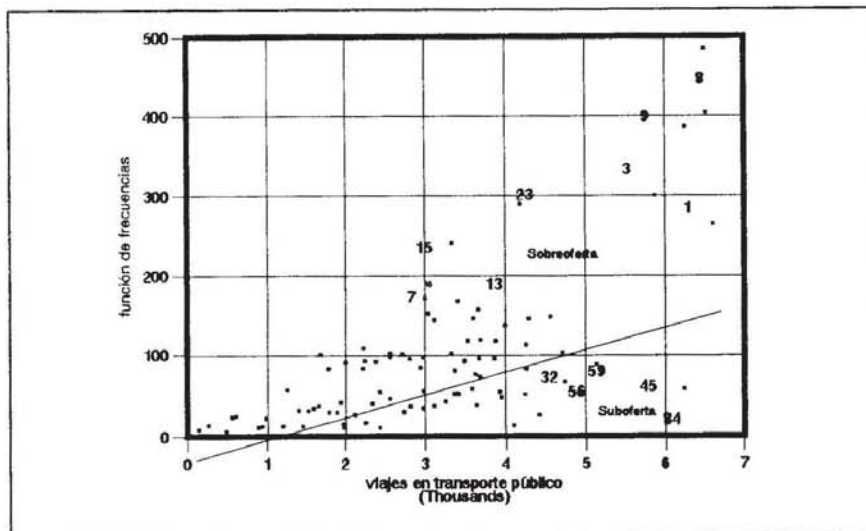


GRAFICO 6. Relación frecuencias/producción de viajes (viajes totales)

El área de influencia se obtiene generando una franja de un ancho dado a cada lado del corredor de transporte (dependiendo de la densidad y grado de consolidación del área), obteniendo así un factor que varía entre 0 y 1. Para el tratamiento de zonas muy alejadas o periféricas, la influencia (ancho) de una línea de transporte es mayor con respecto a su traza.

Este indicador permite medir rápidamente, y ante cualquier modificación, el grado de satisfacción de la demanda y actuar en consecuencia. No explica las causas por las que se producen.

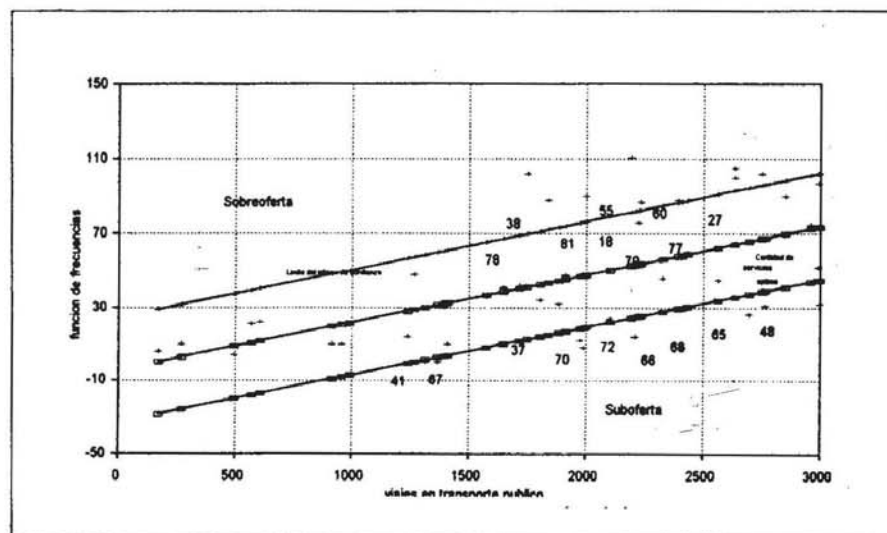


GRAFICO 7. Relación frecuencias/producción de viajes (sector medio)

En los gráficos 6 y 7 se muestran los resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada con valores reales. Se determinó la "zona unidad" considerada como bien ofertada en función de: una correcta cobertura espacial del servicio, frecuencias adecuadas, no saturación del servicio en la hora

pico y la coincidencia de la opinión de las personas encuestadas. La zona que registraba la menor cantidad relativa de quejas referentes a la cobertura espacial y las frecuencias. En función de la definición de esta "zona unidad" se grafica la recta que contiene los puntos de aquellas zonas de transporte que cumplen con las condiciones de dicha zona unidad. El algoritmo de esta recta sintetiza la demanda satisfecha "virtual" del conjunto de las zonas de la micro-región, esta ecuación se consigue mediante un análisis de regresión simple. Se define también una banda de comportamientos aceptables en función de la desviación estándar quedando fuera de ella las zonas con sobreoferta o suboferta.

Quedan indicadas en el gráfico cuáles son las zonas que presentan anomalías y en las que se debe concentrar un estudio más particularizado para definir cualquier intervención.

3.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA RELACION OFERTA/DEMANDA.

Se analiza aplicando un indicador viajes/frecuencias en las diferentes conexiones. Para esto se construye una matriz de origen destino de zona a macrozona donde se vuelca el indicador correspondiente de: viajes en transporte público/cantidad de servicios por hora.

Los resultados de esta operación pueden presentar cuatro situaciones diferentes:

1. Un número mayor que cero. Esto significa que entre esas zonas se producen viajes y existen servicios que las vinculan. Cuanto más cercano a cero sea ese número mejor servida estará la conexión y cuanto mayor sea dicho número mayor será la suboferta. Se estima como demanda satisfecha cuando el indicador resulta en un número menor que el extraído de la zona unidad. No se considerarán aquellos casos de movimiento interno en la macrozona.
2. Cero. Esto significa que entre esas zonas no se producen viajes pero si existen servicios que las vinculan. Estas conexiones tendrán oferta ociosa.
3. Infinito. Puede darse el caso de que no existan viajes ni tampoco servicios, donde no se presentaría anomalías.
4. Infinito. También puede ser que si se produzcan viajes en las conexiones pero no haya servicios que las vincule. Con este último caso se conforma un grupo de demanda insatisfecha de conexiones zona-macrozona. Se analizan los viajes esperados que corresponden a esas vinculaciones para detectar los casos críticos. Se aclara que estos viajes serán los que ya se realicen en Transporte Público, y que sus usuarios deberán dirigirse a otras zonas vecinas para abordar los vehículos. También aquí no se consideran los casos de movimiento interno en la macrozona.

Esto implicará un análisis más detallado en una etapa posterior para determinar las características particulares de las anomalías detectadas en cada uno de los casos.

4. MODELO DE RELACION EN UN SISTEMA COMPLEJO

Se ha desarrollado un modelo conceptual que interrelaciona las siguientes variables (Gráfico 8)

1. Relación costo/beneficio empresarial (u\$s/u\$s) en la cual se incorpora el costo energético a los efectos de determinar las posibles incidencias sobre el costo y sobre la contaminación ambiental;
2. Cobertura espacial (cant. servicios/hab.);
3. Distancia recorrida total por el sistema/cobertura espacial (Km/km²);
4. Conectividad de la red de transporte/conectividad de la red vial donde se desarrolla;
5. Sumatoria de frecuencia de todas las líneas troncales y ramales del sistema de transporte público de la micro-región (1/min).

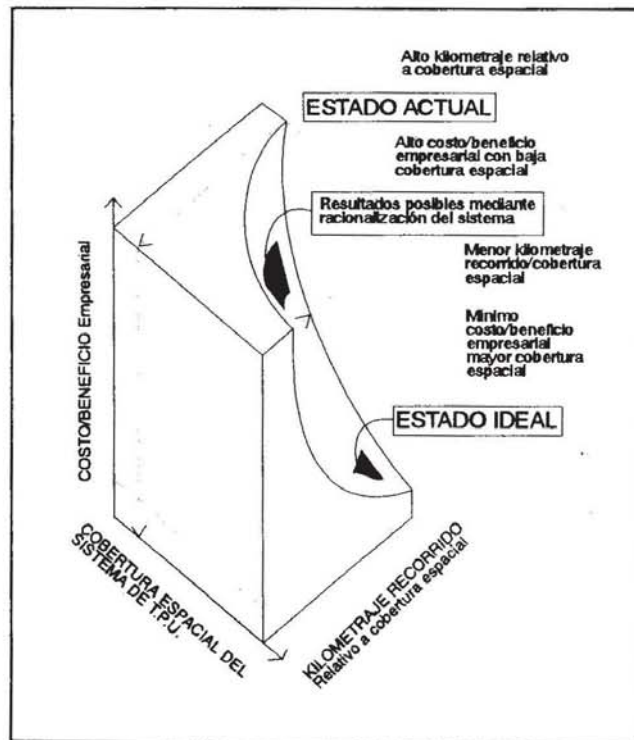


GRAFICO 8.

Estas cinco variables configuran un hiperespacio que a fin de objetivar la relación costo/beneficio empresarial explicita el estado del sistema en función de todas las variables mencionadas. Como es obvio, esto no puede graficarse, pero a los fines de bosquejar el comportamiento supuesto se muestra en tres dimensiones. Se unifican las variables cobertura, conectividad y frecuencias sintetizándose en "cobertura espacial del sistema de T.P.U."

Actualmente se estudia el modelo matemático que permita una utilización generalizable a partir de una ecuación objetivo a minimizar que relacione el costo/beneficio con las variables: frecuencia, cobertura espacial, conectividad. Se ha incorporado la variable cobertura definida como la relación entre la superficie ocupada, la superficie servida (considerando una banda de 300 mts. a cada lado del corredor de transporte), y la densidad de población. El costo se considera como una función de la distancia recorrida por los colectivos en cada zona (no se consideran los costos administrativos ni costos fijos como seguros, patentes, sueldos, etc. de cada una de las empresas). El beneficio se toma como la facturación neta, es decir, la cantidad de boletos vendidos.

Ya se ha formulado la primera aproximación y se están ajustando las construcciones de las variables intervinientes y sus restricciones.

5. CONCLUSIONES

En la actualidad la demanda se toma cada día más diferenciada y estratificada. Los cambios que se producen en la distribución de los puestos de trabajo y la aparición de nuevos centros comerciales, el incremento del transporte privado (remises y autos particulares), entre otros dificultan el análisis de la demanda a través de los métodos tradicionales. Es evidente la necesidad de mantener la información actualizada para ir adecuando la oferta y fundamentalmente para posibilitar la competitividad del transporte público con relación a los otros medios. Por lo antedicho consideramos adecuado el desarrollo de herramientas como las explicitadas que posibiliten una visualización rápida de la situación en cada zona, facilitado esto por la existencia de los sistemas de información geográfica, y al mismo tiempo incorporar algún tipo de actualización de la información similar al que hemos experimentado.

6. REFERENCIAS

1. Bruton M.J. (1970); **Introducción al Planeamiento del Transporte**; Ediciones Troquel, Buenos Aires.
2. London Country Council (1964); **London Traffic Survey**, Vol 1.
3. Lane, R., Powell, T.J., Presttwood Smith, P., (1975); **Planificación Analítica del Transporte**, Instituto de Estudios de la Administración Local, Colección Nuevo Urbanismo, Madrid.
4. Ortúzar, J.; de D. y Willumsen, L.G.(1994); **Modelling Transport**, 2da. Edición., John Wiley & Sons. Chichester, UK.
5. Klahn, V. y Stolling, V.(1994); **A new approach for planning and optimisation of urban railway systems**. Tomado de Urban Transport and the Environment; editor L. J. Sucharov, Wessex Institute of Technology, UK.

