
IMPACTO EN EL TRANSITO DEL DESARROLLO DE UN PROYECTO URBANISTICO EN LA PERIFERIA DEL AREA CENTRAL DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Ing. Horacio Blot - Dra. Graciela Deierrari - Arq. Silvia Puparelli - Lic. Nora Turco

Secretaria de Transporte - Av. Ramos Mejía 1302 - Piso 5 (1104) - Buenos Aires - Tel.
318-3554/ Fax. 318-3571

RESUMEN

El objetivo perseguido fue estudiar el impacto en el tránsito, de la conversión en suelo residencial y de equipamientos de 90 has., que se liberarian por la reestructuración de las Terminales ferroviarias de Pasajeros y Cargas, localizadas en las periferias del sector portuario y del microcentro de Buenos Aires.

Sus conclusiones forman parte de las bases del Concurso de Ideas que se realizará para la formulación del proyecto urbanístico

Para llevar a cabo este estudio se utilizaron distintas herramientas de modelización, implementadas en Transcad, sistema de información geográfica orientado a la problemática del transporte. La modelización abarcó:

1. la estimación de la demanda actual y futura de viajes
2. la asignación de la demanda a las distintas opciones de red vial

Dado que no se contaba con datos sobre origen-destino de vehículos particulares que permitieran estimar la demanda actual de viajes particulares por métodos tradicionales, se utilizó la **Metodología de Estimación de Matrices O-D por Conteos de Tráfico**, basada en el concepto de Maximización de Entropía (Ort·zar and Willumsen, Modelling Transport, John Wiley and Sons, 1994).

Considerando que se trataba de redes congestionadas, se utilizó, como modelo de asignación, el **Equilibrio Aleatorio del Usuario** para estimar las condiciones de equilibrio entre oferta y demanda vial en términos de:

- * Volúmenes de vehículos en cada arco de la red
- * Tiempos de viaje en cada arco de la red.

Los resultados obtenidos permitieron evaluar el impacto en el tránsito del desarrollo del proyecto de reconversión urbanística en distintos escenarios.



1. INTRODUCCION

En el mes de septiembre de 1993, fue presentado el Proyecto del área Retiro, donde se define una propuesta de reestructuración ferroviaria que libera 93 hectáreas para el desarrollo de una nueva urbanización.

En octubre de 1994 el Poder Ejecutivo Nacional sanciona el Decreto 1737/94, que define el marco del llamado a un Concurso de Ideas para dicha urbanización y requiere la realización de un estudio de tránsito para el área.

1.1. DESCRIPCION DEL AREA

El Proyecto Retiro apunta al reordenamiento de la infraestructura ferroviaria con el objeto de modernizar y hacer más eficientes los servicios de transporte ferroviario y liberar tierras cuya renta permitiría financiar el costo de esta operación.

Emplazado en el área central de la Región Metropolitana de Buenos Aires, el Proyecto Retiro, de aproximadamente 200 has, está intensamente ocupado por actividades relacionadas con los sistemas de transporte automotor, fluvial y marítimo y es coincidente con el punto focal metropolitano, donde convergen los sistemas del transporte y vías de comunicación y donde se registra la mayor concentración de actividades comerciales, administrativas y financieras del país.

El área de Retiro es, asimismo, un importante punto de transbordo de cargas entre ferrocarril-puerto y camión-puerto, así como de pasajeros entre ferrocarriles, subterráneos, ómnibus urbanos, taxis y servicios de ómnibus de larga distancia.

A ello debe agregarse la circunstancia de que este espacio constituye un lugar de paso para significativos volúmenes de tránsito entre el norte y el sur del Área Metropolitana de Buenos Aires y para el tránsito que desde ambos puntos accede al Área Central de Buenos Aires.

1.2. ANALISIS DE LA MOVILIDAD EN EL AREA

Con el objeto de comprender la importancia del área del Proyecto Retiro, se realiza una comparación de la movilidad en la Región Metropolitana versus la del área bajo estudio.

La Región Metropolitana de Buenos Aires, conformada por la Capital Federal y 36 Partidos del Conurbano Bonaerense, abarca una superficie total de 16.767 km² y cuenta con una población de 12,4 millones de habitantes. En la misma se realizan aproximadamente 19 millones de viajes diarios, representando el transporte público el 63,6% y el transporte privado, el 36,4% de los viajes. A su vez, al transporte público le corresponde una división modal del 82,4% para el autotransporte público de pasajeros (APP), el 6,8% para el subterráneo y el 10,8% para el ferrocarril metropolitano.

En el área bajo estudio, con una población de 131 mil habitantes, se realizan diariamente 1,8 millones de viajes diarios, representando el transporte público el 52,5% y el transporte privado el



47,5%. A su vez, el transporte público presenta una división modal del 60,8% para el APP, 18,5% para el subterráneo y 20,5% para el ferrocarril.

En función de lo antedicho, resulta importante destacar que mientras que la población del área del Proyecto Retiro es del orden del 1% respecto a la de la Región, el 10% de los viajes de la Región pasan o se generan en el área bajo estudio.

2. ESTUDIO DEL IMPACTO DEL PROYECTO EN EL TRANSITO DEL AREA

2.1. AREA, ZONIFICACION Y PERIODO DE ESTUDIO

Se consideró como área de influencia del Proyecto Retiro, al área comprendida por las calles M.T. de Alvear, Charcas, Av. Sarmiento, Av. R. Obligado, Av. Ramón Castillo, San Martín y Florida.

Para la realización del estudio, se dividió el área en 39 zonas: 30 zonas internas y 9 zonas externas las que corresponden a las vías de ingreso.

El estudio se remite al período horario de punta de la mañana, considerado como crítico (8 a 9 de la mañana) y se estableció el 2010 como año horizonte.

2.2. ESQUEMA GENERAL

En el contexto de las políticas de apoyo al Transporte Público que lleva adelante el gobierno, se consideró apropiado analizar el impacto del Proyecto sobre la base de proyecciones de la demanda a partir de la división modal determinada exógenamente. Para ello se formularon distintos escenarios de análisis, respondiendo a políticas de regulación de crecimiento de la congestión vehicular por parte del Estado.

La definición de esta línea de trabajo y el hecho de que el Autotransporte Público de Pasajeros opera, en el Área Metropolitana, con un esquema de rutas fijas, determinaron dos ejes de estudio para la estimación de las condiciones de equilibrio, tanto actuales como futuras, de la red vial: Autotransporte Público de Pasajeros y Transporte Privado.

El esquema general del estudio se esboza en el cuadro adjunto y se describe a continuación

2.2.1. Autotransporte Público

•Estimación de Situación Actual

- Demanda de Transporte Público en general
- Demanda de Autotransporte Público estimada a partir de información de encuestas de origen-destino existentes
- Oferta de Autotransporte Público
- Demanda de Red Vial por parte del Autotransporte Público



•Estimación de la Situación Futura

- a) Proyecciones de la Demanda de Servicios de Autotransporte Público para distintos Escenarios a partir de:
 - Proyecciones Demográficas del Area Metropolitana
 - Proyectos Urbanos de influencia en el área de estudio
 - Evolución histórica de los medios de Transporte Público
 - Políticas de División Modal
- b) Estimación de los requerimientos futuros de red vial por parte del Autotransporte Público de Pasajeros

2.2.2. Transporte Privado

Estimación de Situación Actual

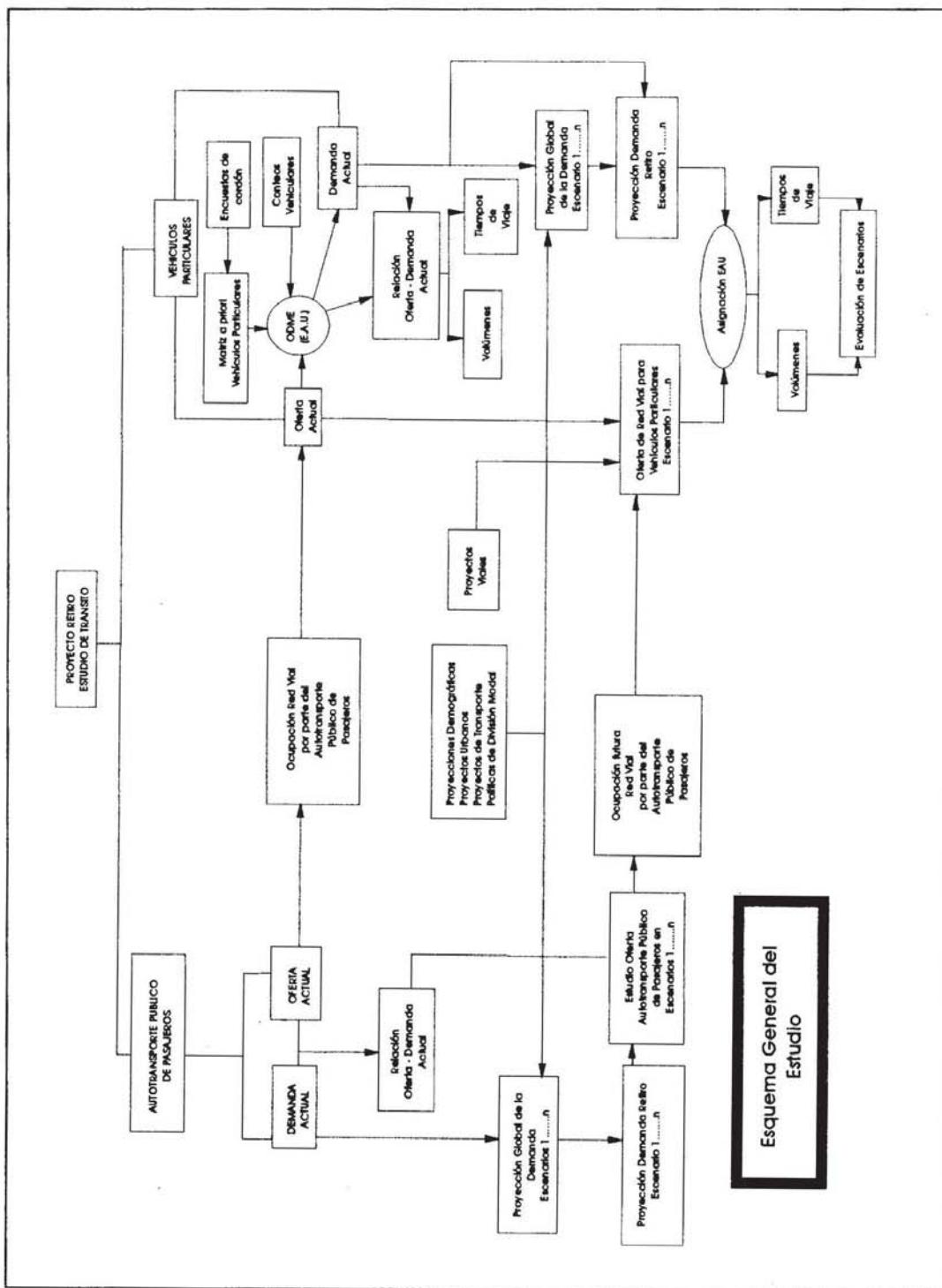
- a) Oferta Vial Actual: capacidad remanente para vehículos privados calculada a partir de la capacidad de las vías y la ocupación de las mismas por el transporte público de pasajeros.
- b) Demanda Actual: modelización de la situación actual y cálculo de la matriz origen-destino a través del Método de Estimación de Matrices por Conteos de Tránsito (ODME).
- c) Condiciones de equilibrio entre oferta y demanda vial: modelización de la asignación de tráfico actual, incorporada como parte de la metodología de estimación de la demanda actual de vehículos privados por conteos de tránsito.

Estimación de Situación Futura

- a) Oferta Futura
 - Determinación de los distintos escenarios de oferta vial a partir de distintos proyectos viales
 - Ocupación de la red vial por parte del Autotransporte Público de Pasajeros para los distintos escenarios de división modal.
- b) Demanda Futura: estimación a partir de la situación actual, teniendo en cuenta:
 - Proyecciones Demográficas del Area Metropolitana
 - Proyectos Urbanos de influencia en el Area de estudio
 - Evolución histórica de los medios de Transporte Público
 - Proyectos de Transporte
 - Políticas de División Modal



- c) Condiciones de Equilibrio: estimación a través de la modelización de la asignación de la demanda de vehículos privados a las distintas opciones de oferta vial, para los distintos escenarios de división modal.



2.2.3. Autotransporte Público: demanda, oferta y condiciones de equilibrio

La demanda y oferta de Transporte Público en el área de estudio se analizaron en base a estadísticas suministradas por los organismos y empresas de transporte, con el objeto de establecer índices de participación relativa del sector de Retiro en del contexto regional y luego aplicarlas a la estimación de viajes futuros.

•Demanda de Autotransporte Público de Pasajeros

Dentro de la temática del transporte público se analizó y cuantificó específicamente el autotransporte por ser el medio que compite el espacio vial con el tránsito general, cuyo análisis es el elemento principal de estudio.

Para ello, se estimó la matriz origen/destino actual de los viajes realizados en día hábil, de 5 a 13hs., en las rutas que sirven a la zona de estudio, tomando como fuente la Encuesta O/D de Autotransporte Público de Pasajeros de 1992-1994.

•Oferta y Relación Oferta /Demanda de Autotransporte Público de Pasajeros

Se analizó la carga de pasajeros/vehículo, para todas las secciones de la región metropolitana en que operan las 63 líneas que circulan por el sector en análisis. El propósito fue estimar la afectación al subsistema ante un incremento puntual de la demanda en la zona de Retiro.

Los resultados estadísticos resultantes fueron: una media de líneas de 20 pas/veh, con una desviación estándar de 14 pas/veh, pudiéndose acotar la carga máxima en 50 pas/veh. A los efectos de asignarle un valor a la hora pico matutino se agregaron dichos valores y se supuso una carga de 55 pas/veh de 8 a 9 hs.

Resultado de este análisis, se concluyó que la oferta vehicular actual tiene una capacidad remanente en el área en estudio, que soporta incrementos del orden del 40% de la demanda, sin tener que recurrir a incrementar el parque vehicular, o lo que es lo mismo, sin incrementar la demanda de espacio vial para la circulación.

2.2.4. Transporte Privado

Considerando que no se contaba con datos que permitieran estimar una matriz origen-destino actual de vehículos privados para prever la situación futura, se creyó adecuado utilizar los Métodos de Estimación de Matrices O-D por conteos de tráfico (ODME: Origin-Destination Matrix Estimation), basados en técnicas de Maximización de Entropía y Minimización de Información, implementados en Transcad en marzo de 1994. Esta metodología de Modelización permite estimar matrices O-D y su asignación a la red vial con bajo costo de información: conteos de tránsito.



El ODME estima la matriz de viajes más probable dentro de las que se ajustan a la información disponible de conteos de tránsito, esto es, dentro de las que, asignadas a la red vial, producen, en los arcos que cuentan con información de conteo, volúmenes de tránsito similares a los contados. Estima asimismo las condiciones de equilibrio del sistema. Esta metodología, requiere: una matriz a priori, una red vial definida por sus características físicas y la capacidad de cada uno de sus tramos, la selección de un modelo de asignación, con los datos correspondientes y conteos de tránsito sobre un cierto número de arcos.

Los resultados de este procedimiento se expresan a través de: matriz Origen/Destino, volúmenes y costos, expresados en tiempos de viaje en cada arco de la red.

•Matriz a Priori

La matriz a priori tiene como objetivo incorporar información sobre la estructura general de viajes. Cuanto mejor describa la matriz a priori los grandes movimientos, mejor resulta la calidad de la matriz estimada a través de esta metodología.

La matriz a priori fue confeccionada mediante una encuesta reducida de origen y destino de viajes a 3000 conductores de vehículos particulares, taxímetros y utilitarios, llevada a cabo en forma de cordón perimetral del área en estudio y expandida mediante recuentos volumétricos.

El esquema de la estimación de la matriz a priori fue:

- a) a partir de la encuesta, primera estimación de:
 - m_{ij} donde i es cualquier zona externa y j es cualquier zona interna
 - m_{ij} donde i es cualquier zona interna y j es cualquier zona externa.
 - m_{ij} donde i y j son zonas externas.
- b) complementando con información proyectada a partir de un estudio de Transporte del Área Metropolitana de Buenos Aires llevado a cabo en el año 1972, estimación a priori del total de viajes internos.
- c) mediante el procedimiento de Fratar, estimación de una distribución de viajes internos, teniendo en cuenta los factores de atracción y producción desde y hacia zonas externas estimados a partir de la encuesta de cordón.

•Red Vial

Para el presente estudio se consideró la red vial conformada por las arterias que canalizan los mayores flujos de tránsito, es decir las avenidas y calles con mayor movimiento vehicular. La red vial adoptada para el estudio está constituida por alrededor de 700 arcos y su longitud es de aproximadamente 100 km. (Mapa).



•Modelo de Asignación

El modelo de asignación de tráfico utilizado fue el de Equilibrio Aleatorio del Usuario. Este procedimiento produce una solución de equilibrio, donde ningún usuario mejora su costo de viaje cambiando de ruta.

Se incorporó en la estimación del costo una variable aleatoria “de error” de manera de modelar las diferencias de percepción por parte de los distintos usuarios.

•Conteos de Tránsito

Se realizaron 120 conteos de tránsito en distintos puntos de las principales arterias del área. Estos puntos fueron seleccionados teniendo en cuenta la zonificación planteada y procurando obtener la información necesaria que reflejara la esencia de la distribución de viajes (Mapa).

•Resultados

La matriz origen/destino obtenida y los volúmenes de tráfico y tiempos de viaje resultantes permitieron llevar a cabo proyecciones de la demanda futura y estimar indicadores globales de la situación actual que sirvieron de referentes para la evaluación de los distintos escenarios analizados. Estos índices globales se detallan a continuación

Total de Viajes	Vehículos /km.	Tiempos Totales	Tiempos Medios por km.
51900	105578	7571 hs.	4.3 min

Evaluación de la Bondad de la Modelización

Convergencia del algoritmo de estimación

En primer término se estimó el error que se cometía al aceptar los topes en la cantidad de iteraciones y la convergencia de los resultados obtenidos por el algoritmo. Esto se llevó a cabo analizando la convergencia de relación volumen contado/volumen asignado por el procedimiento y su relación con los topes del número de iteraciones de los diferentes procedimientos.

Se aceptó como razonable 50 como número máximo de iteraciones en el procedimientos de asignación y 20 en el procedimiento de estimación de la matriz.



Los siguientes datos estadísticos de la relación volumen contado/volumen asignado considerada satisfactoria fue:

Regression Output:	
Constant	0
Std Err oI Y Est	644.2992
R Squared	0.86444
No. oI Observations	121
X Coefficient(s)	1.062368
Std Err oI Coef.	0.02307

Y= Volumen Asignado - X = Volumen Contado

Arcos del centro de Transbordo

Sin embargo, se encontró que si bien en la mayoría de los arcos donde existían conteos de tránsito la relación Volumen Contado/Volumen Asignado tenía a 1, en algunos el cociente no era convergente.

Un análisis pormenorizado de los resultados de asignación permitió concluir que la mayor parte de los arcos conflictivos correspondían a los arcos del Centro de Transbordo Retiro, donde el movimiento de taxis vacíos en busca de pasajeros era muy importante. Estos vehículos realizan viajes circulares y por lo tanto no eran modelados o interpretados por el algoritmo de asignación, cuya base es la minimización del costo.

Esto llevó a realizar conteos de taxis vacíos en el área y asignarlos manualmente a la matriz resultado, concibiéndolos como viajes atraídos y producidos por el centro de transbordo y distribuyéndolos según la atracción y producción de las distintas zonas.

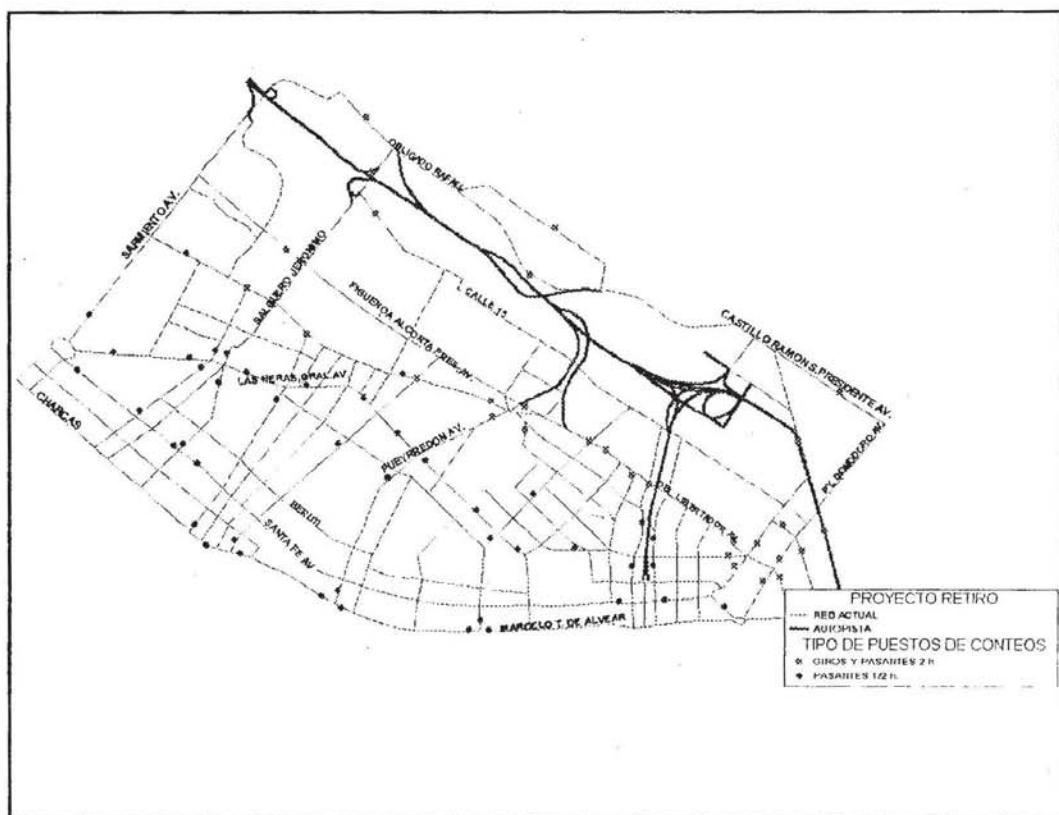
A su vez, la matriz modificada fue asignada a la red con el mismo procedimiento y parámetros y luego evaluada a partir de la nueva relación Volumen Contado/ Volumen Asignado. El R2 de la relación no sólo no empeoró, sino que experimentó una mejoría. Los valores estadísticos se muestran a continuación.

Regression Output:	
Constant	0
Std Err oI Y Est	538.632
R Squared	0.905259
No. oI Observations	121
X Coefficient(s)	0.984273
Std Err oI Coef.	0.017718

Y= Volumen Asignado - X = Volumen Contado



La bondad de la metodología de estimación se evaluó también a través de la relación entre volúmenes contados no incorporados como información en el procedimiento y los volúmenes asignados.



2.3. SITUACION FUTURA

2.3.1. Demanda Futura de Viajes

La proyección de la demanda se realizó a partir de las estimaciones de la demanda actual, y de la integración de tres ejes fundamentales de análisis: el demográfico, el sectorial de transporte y el marco macrourbanístico del proyecto. A continuación se detallan las distintas etapas del procedimiento de estimación.

•Estimación de la demanda global para la Región Metropolitana

Se estimó la demanda global de viajes para el año horizonte (2010), en base a los parámetros socioeconómicos y de transporte vigentes: tasa de crecimiento intercensal de la población (1981-1991), relación población ocupada/población total y tasa regional de generación de viajes por persona.

•Determinación de Escenarios de división modal de la demanda en la región y en el área de influencia del proyecto

Para definir los distintos escenarios a evaluar se analizaron:

- la evolución predecible de la demanda en los modos ferroviarios y subterráneos, en el marco de la privatización del sector
- el decrecimiento en la captación de la demanda de los servicios de autotransporte público (2% anual) y las posibles mejoras en la oferta de los servicios por la implementación de carriles exclusivos
- las posibilidades de implementación de políticas de integración modal que mejoraría los niveles de servicio de la oferta de los modos públicos
- la tasa de crecimiento del parque automotor
- la evolución de la tasa de viajes en automóvil estimada en 5,45% anual entre los años 1970 y 1994

Las integración analítica de dichos temas, permitió delinear dos escenarios de partición modal: el Tendencial y el de Limitación de los viajes en el modo privado, y obtener los viajes por modo público y privado a nivel regional y del área en estudio, para cada escenario temporal analizado.

Escenario de División Modal	Viajes diarios 2010 Región Metropolitana	Viajes diarios 2010 Area RETIRO
Tendencial (E1)	T. Público = 9.523.000 T. Privado = 10.990.000	T. Privado=770.000
Limitación viajes privados (E2)	T. Público = 11.381.000 T. Privado = 9.290.000	T. Privado = 637.000

•Relación de equilibrio futura de APP - Demanda futura de red vial por parte del APP.

Los viajes en modo público, se analizaron para la situación de máxima demanda de espacio vial por parte del autotransporte público de pasajeros (escenario 2).

Los resultados permitieron fundamentar la hipótesis que se aplicó en la simulación de los estados futuros del sistema vial, que considera que la actual vialidad ocupada por los colectivos, más la ampliación de capacidad dada por la implementación de la totalidad del programa de carriles exclusivos, cubrirla en el 2010 los requerimientos de la demanda en autotransporte público.

•Distribución de la Demanda de Transporte Privado

Establecido en el paso anterior que no se incrementarían en el futuro, los requerimientos de espacio vial para el autotransporte público de pasajeros, el análisis se concentró en el estudio de la **distribución de viajes por modo privado**, “con” y “sin” proyecto Retiro. El proceso de estimación consideró:



- a) Las características urbanas, actuales y futuras del ámbito de influencia del proyecto Retiro y de la región, analizando las tendencias demográficas regionales y zonales, la evolución de los empleos centrales de la ciudad, la inserción de las ofertas de viviendas y servicios contemplados en los proyectos a localizarse en el borde portuario, y predios de Retiro, que permitieron construir los escenarios de uso del suelo “con” y “sin” Proyecto Retiro.
- b) Los viajes generados por los nuevos proyectos, estimados en base a tasas de producción y atracción de viajes, establecidas en función del tipo de actividades (residenciales y no residenciales), accesibilidad y características de las zonas.

Para las actividades residenciales, la tasa adoptada responde a los datos del Estudio Preliminar de Transporte de la región Metropolitana (2,68 viajes/día/persona), ajustada a los dos escenarios de transporte establecidos y al nivel socioeconómico de los residentes.

En el caso de las actividades no residenciales (servicios, comercios, establecimientos educacionales, asistenciales, oficinas, etc.), se asumió el criterio de considerar una amplia gama de actividades posibles, dándole a cualquiera de ellas una probabilidad igual de ocurrencia por m^2 , considerando la falta de definición de usos del suelo para la urbanización del área. Los parámetros básicos son del documento Traffic Generation -User's guide and Review of Studies -1985. Los correspondiente a oficinas privadas fueron comparados con los resultados de encuestas, aplicadas a empleados y público, de un edificio oficinas ubicado en un sector análogo al del proyecto, lo que permitió validar el uso de los standares seleccionados.

Los resultados referentes a la magnitud de los viajes generados por los nuevos proyectos en modo privado, de 8 a 9 hs., se muestran en el cuadro adjunto, como así también los viajes privados totales en el área de influencia analizada.

Año	Viajes generados por los Proyectos		Viajes Escenarios “con” Proyecto Retiro	
	2002	2010	2002	2010
Política de Transporte 1	2.840	7.003	73.420	87.020
Política de Transporte 2	2.797	6.507	72.230	63.440

Las matrices de viajes por año y escenario de proyección que se estimaron a partir de los vectores de atracción y producción de viajes por zona, para cada uno de los escenarios, política de transporte y año. El cálculo de los mismos se realizó mediante un procedimiento incremental a partir de los valores de periodo temporal precedente, iniciándose con los resultantes de la matriz estimada de la situación actual (año base 1994).

Finalmente, para el cálculo posterior de las matrices O/D, se recurrió al procedimiento de Fratar, aplicado a la matriz actual estimada con el ODME, modificada, en caso necesario, en aquellas zonas “vacías” en la situación actual y “ocupadas” por los desarrollos en el escenario “con” proyecto, trabajando bajo el supuesto de comportamiento análogo de distribución de viajes de zonas supuestas “similares”. Los vectores de producción y atracción se estimaron para cada escenario y política.

2.3.2. Oferta Vial Futura

Tanto los proyectos viales en ejecución como las estimaciones de demanda futura de viajes llevaron a contemplar dos escenarios de oferta vial futura, que llamamos: Red base y Red Ampliada. (Mapa)

•Red Base

Considerando los distintos proyectos viales planificados para el período en estudio, se analizó, en primer término, un escenario de red vial que contempla la Red Actual y el Sistema de Autopistas Norte-Sur (Autopista 9 de Julio Norte y Autopista Buenos Aires - La Plata).

•Red Ampliada

Tanto los niveles de congestión estimados para en el escenario anterior como la necesidad de brindar conectividad a la nueva urbanización del área, llevaron a analizar la situación futura del sistema en el marco de la ampliación de la oferta vial que se detalla a continuación:

•Red Base

- Avenida urbana central dentro del área a urbanizar desde Salguero a Av. Ramos Mejía
- Ampliación de la capacidad de la Av. Del Libertador
- Prolongación desde Av. Del Libertador hasta la avenida central proyectada de: Cerrito, Carlos Pellegrini, Av. Callao, J. V. González y Tagle.

2.3.3. Asignación Futura de Tránsito - Condiciones de equilibrio de la red vial

Como se mencionara con anterioridad, el autotransporte público de pasajeros “no cuenta” con rutas alternativas, mientras los demás vehículos pueden, en principio, optar por diferentes alternativas de viaje. De esta manera, la demanda de red vial por parte de las líneas de autotransporte público de pasajeros fue asignada directamente a la red vial, siendo el esquema general de asignación:

- a) estimación de los volúmenes de autotransporte público de pasajeros, en cada arco para los distintos escenarios y para las distintas alternativas de red vial, a partir de
 - las rutas de las diferentes líneas de ómnibus
 - la frecuencia en el período horario del estudio
 - la distancia media entre paradas y el tiempo medio de parada en el período de estudio.
 - el factor de equivalencia autobús/automóvil en el área de estudio



- b) dada la capacidad de la red, estimación de la capacidad remanente para vehículos particulares para las distintas alternativas de red vial.
- c) asignación de las Matrices Origen-Destino de vehículos particulares estimadas para los distintos escenarios a las diferentes alternativas de red vial con sus respectivas capacidades remanentes.

•Esquema general del modelo de Asignación de Vehículos Particulares

Con respecto a la asignación de la demanda de red vial por parte de los vehículos particulares, se llevó a cabo a partir de un modelo de asignación adecuado a las características de congestión de la red en estudio, utilizado también en el modelo de estimación por conteos de tráfico de la matriz actual de vehículos privados.

El modelo de asignación de tráfico utilizado fue el de Equilibrio Aleatorio del Usuario.

Formulación del modelo

•Función costo

La función “Costo”, evaluada para cada arco, se expresó en tiempo (minutos) y tuvo en cuenta: la velocidad a flujo libre, la capacidad de las vías y la incidencia de la congestión (parámetros de operación de las vías)

En el caso de la autopista, fueron incorporados a la función “Costo”: el valor de la tarifa de peaje, expresado en tiempo y el costo de la congestión en los puestos de peaje

Su formulación es:
$$t(V) = t_0 \left(1 + \alpha (V/C)^\beta \right) + p_0,$$

donde :

- t_0 : tiempo de viaje a flujo libre para el arco a
- C : capacidad del arco a disponible para vehículos particulares.
- V : volumen asignado en el arco a
- α y β : parámetros que determinan la incidencia, en el tiempo de viaje, del volumen asignado
- p_0 : costo fijo para el arco a

Tiempo a flujo libre

Dado que casi la totalidad de las intersecciones posee señalamiento luminoso, sincronizado en muchos casos, las velocidades a flujo libre se fijaron de acuerdo a estas sincronizaciones, adoptando los valores:



- Calles en general: 32 km/h
- Avenidas en general: 50 km/h
- Avenida de mano nica: 60 km/h
- Autopista: 100 km/h

Capacidad Remanente para vehículos particulares

Se estimó teniendo en cuenta: las características físicas de las arterias, las características de operación, el volumen de buses en cada arteria

Parámetros α y β

Para la calibración de α y β , se realizaron mediciones de volúmenes y tiempos de viaje a distintas horas, en distintos tipos de arterias. Mediante análisis de regresión se obtuvieron valores para α y β , que luego fueron ajustados, teniendo en cuenta la capacidad inicial ocupada por el autotransporte público de pasajeros. Los rangos de valores con los que se trabajó fueron, 2-3 para α y 1-1.7 para β .

Costo fijo

Se utilizó para representar la tarifa de peaje en la autopista, por lo cual es positivo sólo para los arcos de ingreso a dicha vía.

Valor del tiempo

Con el objeto de expresar la tarifa de peaje en tiempo de viaje, a fin de incorporarla a la función costo, se estimó en \$ 4.75 el valor que está dispuesto a pagar un usuario de vehículos particulares por el ahorro de una hora de viaje.

Estimación del costo de congestión en los puestos de peaje:

La incorporación del costo de congestión en los puestos de peaje se llevó a cabo simulando arcos ficticios en dichos puestos y calibrando la función costo a partir de el tiempo de pago de tarifa, capacidad de los puestos de peaje, volumen asignado y parámetros que determina la incidencia del volumen asignado al puesto de peaje.

Función de Distribución

Se eligió la distribución normal, con un coeficiente de error del 5%, para la variación aleatoria en la estimación de los costos por parte del usuario, incorporada en cada iteración



Resultados de la Asignación

Los resultados de la asignación se expresan en términos de volúmenes de tráfico y tiempos de viaje en cada arco de la red. La evaluación de los distintos escenarios de llevó a cabo analizando, para cada uno de los escenarios de oferta y demanda vial, indicadores globales del sistema e individualizando los arcos saturados (volumen $\geq 0.8 \times$ capacidad).

Los escenarios futuros contemplados se describen en el siguiente cuadro:

Escenario futuro	Demanda	Oferta Vial
A	Tendencial sin Retiro (sin “Proyecto Retiro” y según pautas de división modal actuales)	Red Base
B	Tendencial con Retiro (con “Proyecto Retiro” y según pautas de división modal actuales)	Red Base
C	Tendencial con Retiro (con “Proyecto Retiro” y según pautas de división modal actuales)	Red Ampliada
D	Política de limitación del crecimiento de la tasa de participación modal de los viajes en vehículos particulares con “Proyecto Retiro”	Red Ampliada

Indices de Evaluación

Indicadores Globales

Las siguientes Indices globales se utilizaron para evaluar las condiciones globales del sistema vial:

- Vehículos/km.: $\sum_a V_a/km$
- Tiempo Total (TT): $\sum_a t_a * V_a$
- Tiempo MedioTM: $\sum_a t_a * V_a / \sum_a V_a$

Niveles de Saturación

La estimación de la relación Volumen/Capacidad para los distintos arcos de la red permitió detectar los niveles de saturación de las distintas arterias para cada uno de los escenarios e identificar los arcos congestionados.



El siguiente cuadro, muestra los valores de los índices globales utilizados para evaluar las condiciones del sistema:

	D. Actual R. Actual	A	B	C	D
Total de Viajes	51900	66000	87080	87080	72230
Vehículos /km.	105578	143299	155729	153126	127630
Tiempos Totales	7571 hs.	9108 hs.	11168 hs.	10097 hs.	7254 hs.
Tiempos Medios/km.	4.3 min	3.8 min	4.3 min	4.0 min	3.4 min

2.4. CONCLUSIONES

Las conclusiones de estudio fueron de dos tipos:

a) **Recomendaciones respecto a la problemática del Proyecto**, en el marco de la política de reforzamiento de la actual política del Gobierno respecto al transporte público metropolitano, referidas a:

- ubicación de los usos intensivos de suelo dentro del predio del Proyecto
- ampliación de la accesibilidad del predio y del centro de transferencias
- tramos críticos de la red vial en los cuales es necesario una ampliación de capacidad o eficiencia operativa
- reordenamiento del Centro de Transferencia de Retiro
- reordenamiento del tránsito vehicular general y de los carriles para el Autotransporte Público de Pasajeros
- accesos a la autopista en construcción y al tránsito pasante de cargas.

b) **En cuanto a la metodología empleada**, que demostró que el Método de Estimación de Matrices por Conteos de Tránsito resulta apropiado y eficiente para obtener información sobre la estructura de viajes actuales, y de allí poder estimar situaciones futuras para los distintos escenarios analizados.

