

EVALUACION EX-POST DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL NUDO
PAJARITOS * AVDA. L. BERNARDO O'HIGGINS

Eduardo Núñez, Carlos Gárate y Milton Bertín
Secretaría Ejecutiva, Comisión de Transporte Urbano

Resumen.

La decisión de construir las obras de mejoramiento del nudo Pajaritos * Avda. L. Bernardo O'Higgins, se basó en los resultados del Estudio de Prediseño y Evaluación Económica realizado en 1982.

A seis meses de la puesta en servicio de las obras de mejoramiento del nudo en referencia, se puede afirmar que se ha llegado a una situación de régimen, razón por la cual la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano ha estimado oportuno efectuar una evaluación Ex-Post de este proyecto de mejoramiento. La realización de esta tarea es el objetivo central de este trabajo y para su desarrollo se abordarán distintos aspectos relacionados con las hipótesis y los resultados originales.

1. Introducción

En Junio del año 1982, la Comisión de Transporte Urbano, como parte de su Programa de Trabajo, procedió a licitar el Estudio de Prediseño y Evaluación Económica del Mejoramiento de las características físicas y operacionales del Nudo Av. Libertador Bernardo O'Higgins * Pajaritos, siendo adjudicado al consorcio de Empresas Consultoras EUROPACT - IASA - NyR.

En dicho estudio se desarrollaron cinco alternativas a nivel de esquema preliminar, una en superficie y cuatro que consideraban la desnivelación de algún movimiento. De las cinco alternativas cuatro fueron descartadas en la etapa de evaluación preliminar por presentar claras desventajas, quedando sólo una alternativa en desnivel para ser desarrollada a nivel de prediseño y ser sometida al proceso de evaluación económica correspondiente.

El prediseño desarrollado consistió básicamente en la desnivelación (bajo nivel) de 2 pistas correspondientes al flujo que circula desde el oriente por Av. Libertador Bernardo O'Higgins y continúa hacia el sur por Pajaritos, manteniéndose en superficie el resto de los movimientos. Además, contempló la habilitación de pistas de aceleración y deceleración, ramales de viraje y la instalación de un semáforo de varios planes de operación, para regular el cruce entre los flujos que van hacia la costa (por la ruta 68) y los flujos que provienen desde el norte. Para este prediseño se estimó un costo privado de 51.806 miles \$ y social de 56.387 miles \$, arrojando beneficios para el 1er. año de operación de 17.497,4 miles \$ (nivel de precios Septiembre 1982). Los indicadores de rentabilidad determinados fueron $TRI = 39,1\%$ y $VAN (r = 12\%) = 9.737,6$ miles \$ (para el 1er. año).

En base a estos resultados, la Comisión de Transporte Urbano, en Octubre de 1983, aprobó la ejecución de las obras correspondientes al prediseño propuesto y su incorporación al Programa de Inversiones del crédito BID-CORFO 115 IC/CH. La unidad ejecutora designada para tal efecto fue el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el cual a través del SERVIU Metropolitano, previa elaboración del Proyecto de Ingeniería, procedió a licitar las obras involucradas. Estas fueron iniciadas en Agosto de 1984 y concluidas en Marzo de 1985, con un monto líquido pagado que ascendió a la suma de 89.205,9 miles \$.

Los antecedentes y resultados tomados en cuenta por la autoridad para adoptar la decisión de efectuar esta inversión, provienen de un estudio que ha considerado, entre otras cosas, información recopilada en el momento de su elaboración (i.e. flujos vehiculares, tasas de ocupación, etc), algunas hipótesis respecto al comportamiento de ciertos parámetros en la situación con proyecto y su posible evolución futura.

Sin embargo, una vez que el proyecto estudiado ha sido construido, es posible analizar si las hipótesis adoptadas, el comportamiento y las características de operación predichas, así como las inversiones estimadas se ajustan a la realidad, proceso que se denomina Evaluación Ex-Post. Ella permite efectuar un análisis crítico de aquellos aspectos que presenten diferencias con el fin de identificar las causas que provocan dichas distorsiones y efectuar las correcciones pertinentes en futuros estudios.

A seis meses de la puesta en servicio de las obras de mejoramiento del nudo en cuestión, se puede afirmar que la operación de los flujos vehiculares ha alcanzado un estado de régimen, razón por la cual la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano ha estimado pertinente efectuar una Evaluación Ex-Post de este proyecto de mejoramiento. La realización de esta tarea es el principal objetivo del presente trabajo y para ello se abordarán los aspectos de diseño geométrico y sistemas de control, información de tránsito, modelación y simulación, inversiones, beneficios e indicadores de rentabilidad.

2. Diseño Geométrico y Sistemas de Control

El trabajo de evaluación ex-post del nudo Av. L. Bernardo O'Higgins * Pajaritos, se inicia con un análisis y comparación de las características geométricas y operativas del prediseño y del proyecto de ingeniería, a fin de verificar si lo construido corresponde efectivamente a lo propuesto, tarea que se describe en el presente capítulo.

2.1. Prediseño propuesto

El trazado en planta de la solución propuesta a nivel de prediseño, se especifica en la Fig. 1 y sus principales características son las siguientes (EUROPAC et al, 1983):

a. Diseño geométrico

- Construcción de un paso bajo nivel para desnivelar dos pistas correspondientes al flujo que circula desde el oriente (Av. L. Bernardo O'Higgins) y continúa hacia el sur (Av. Pajaritos).
- Habilitación de una incorporación de dos pistas de ancho, para acoger el flujo que circula desde el norte (semirotonda) y continúa hacia el oriente (Av. L. Bernardo O'Higgins), cuyo remate se efectúa mediante dos pistas de aceleración sucesivas de un desarrollo total de 300 mts.
- Modificación de la calzada por la cual circula el flujo proveniente del occidente (ruta 68) con destino al oriente (Av. L. Bernardo O'Higgins), consistente en una reducción de su sección de 3 a 2 pistas en la zona del nudo. La tercera pista existente, pasa a formar parte del ramal que conecta la ruta 68 con Av. Pajaritos.

- Habilitación de un ramal de dos pistas para acoger los flujos provenientes del norte (semirotonda) y occidente (ruta 68) con destino al sur (Av. Pajaritos). El remate de este ramal se efectúa mediante dos pistas de aceleración sucesivas.
- Habilitación de una pista de aceleración como remate del ramal que acoge los flujos provenientes de la semirotonda con destino al poniente (ruta 68).
- Mejoramiento del ramal que atiende los flujos que circulan desde el sur (Av. Pajaritos) y continúa hacia el oriente (Av. L.B. O'Higgins).
- Mejoramiento de radios de giro e incorporación de islas canalizadoras en las intersecciones de la semirotonda con las Avdas. General Bonilla y Ecuador.

b. Sistemas de control

- Las intersecciones ubicadas en la semirotonda (Avda. General Bonilla, Ecuador e Isla Decepción) son reguladas con señal de prioridad, "CEDA EL PASO".
- La intersección generada por los flujos que circulan de occidente (ruta 68) a oriente (Av. L.B.O'Higgins) y los provenientes del norte (semirotonda), se encuentra regulada con señal de prioridad "PARE" para este último movimiento.
- Se ha previsto la instalación de un semáforo de dos fases y seis planes de operación para regular la intersección generada por los flujos que circulan de oriente (Av. L.B.O'Higgins) a occidente (ruta 68) y los provenientes del norte (semirotonda).

2.2. Proyecto de ingeniería

Usando como base la morfología de la solución propuesta, en la etapa de proyecto de ingeniería se procedió a definir y precisar en detalle una serie de aspectos, tales como: estructuras, cambios en los servicios públicos, definición analítica de los distintos dispositivos viales involucrados, localización de los elementos de control de tránsito, etc. tareas que -por cierto- introducen pequeñas modificaciones en el diseño geométrico y en los sistemas de control respecto de la solución planteada inicialmente.

Sin embargo, en este caso particular, con el fin de mejorar las características de la solución, se incorporaron algunos cambios en el diseño original (OMEGA, 1984), que corresponden a los siguientes:

a. Diseño geométrico

- Modificación del ramal que atiende al flujo proveniente del occidente (ruta 68) con destino al sur (Av. Pajaritos), con el fin de introducir una pista de deceleración aledaña a la calzada que permita efectuar la maniobra de frenado -previo a la incorporación al ramal- fuera de la calzada existente. Además, se deja sin efecto la reducción de la sección de la calzada sur de la ruta 68 que se producía en este punto, desplazando esta singularidad al oriente del paso bajo nivel. La adopción de esta última modificación es una medida acertada, ya que tiende a corregir una deficiencia que presentaba el prediseño.

En efecto, el dispositivo originalmente propuesto corresponde a una bifurcación de la calzada sur de la ruta 68, dejando 2 pistas para los flujos que continúan al oriente y 1 pista para los que se dirigen al sur. Al respecto, cabe señalar que un dispositivo de esta naturaleza se utiliza para separar dos flujos que circulan por una vía (en el mismo sentido) cuyos destinos son diferentes y su geometría debe ser tal que no se produzca ninguna disminución en la velocidad de operación de los flujos de vehículos o bien, si es necesario producir esta disminución debe ser gradual a través de transiciones adecuadas.

Estas condiciones no fueron consideradas en el prediseño, puesto que en primer lugar los flujos que se dirigen al sur (Av. Pajaritos) son mínimos y en ningún caso justifican dejar una pista de la ruta 68 para su uso exclusivo, bastando sólo la habilitación de una pista de deceleración para efectuar la maniobra de frenado previa al viraje; en segundo lugar, la calzada sur de la ruta 68 es una vía de acceso a la ciudad y justamente en el sector involucrado se debe producir la transición entre una vía de un alto estándar (autopista) y una vía troncal como es la Av. L.B.O'Higgins, hecho que se debe conciliar con una disminución de su sección de 3 a 2 pistas al oriente del paso bajo nivel. Este objetivo se logra mediante el remate de la pista derecha de la ruta 68 a través de un elemento de disminución de pista que se desarrolla en una extensa longitud, apropiada para tal efecto.

- La conexión entre la Av. Pajaritos y la calle lateral (sur) de la Av. L.B.O'Higgins se traslada al sur del pasaje Rey Gustavo, mejorándose de esta manera las condiciones de operación de la conexión.

b. Sistemas de control

- Sólo se consultó una variación con respecto al diseño original, consistente en una modificación de la modalidad de operación del semáforo propuesto a operación semi-actuada, para lo cual fue prevista la instalación de tres detectores vehiculares sobre la vía secundaria (acceso norte) a 12,25 y 39 mts. de la línea de detención. Al respecto, cabe señalar que esta modalidad de operación,

para semáforos aislados, es más eficiente del punto de vista económico que una operación en base a planes de tiempo fijo (Tarnoff et al, 1981) razón por la cual se ha adoptado para este caso particular.

2.3. Proyecto construído

Las obras construídas corresponden a las planteadas en el proyecto de ingeniería. Sin embargo, a poco tiempo de su entrega al uso público se ha detectado la existencia de un par de problemas que tienden a opacar la solución en su conjunto. Estos problemas son los siguientes:

- El acceso de Av. Ecuador a la semirotonda es en 1 pista con un ancho de 3,0 mts. (entre soleras). Considerando que por él circulan vehículos pesados (locomoción colectiva y camiones), de acuerdo a la normativa vigente, el ancho de este acceso sería insuficiente, debiendo tener como mínimo 4,5 mts. Esta singularidad su mada al hecho de que el acceso desde la semirotonda a la Av. Ecuador presenta una enorme capacidad ociosa, induce a los usuarios que desean ingresar a la semirotonda a que lo hagan invadiendo las pistas en sentido contrario.
- En el arco de la semirotonda se ha detectado la existencia de algunos problemas que se traducen en una alta probabilidad de accidentes tanto para vehículos como peatones, derivados de la falencia de información que recibe el usuario, en relación al uso del espacio vial. Esta deficiencia se produce fundamentalmente por los problemas de mantención de la demarcación y que se incrementan en la noche por la falta de iluminación.

A fin de corregir los problemas señalados precedentemente, la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano (SECTU) ha propuesto una solución que consiste en la incorporación de un bandejón central, en el arco de la semirotonda entre Av. L.B. O'Higgins y General Bonilla, de ancho variable (mínimo 2,0 mts), que permitirá generar pistas exclusivas de viraje a la izquierda y servirá de refugio para los peatones que cruzan la calzada. Respecto de las obras asociadas a este mejoramiento cabe señalar que la I. Municipalidad de Pudahuel tiene un gran interés en materializarlas.

3. Información de Tránsito

Los volúmenes y estructura de los flujos vehiculares, tasas de ocupación y velocidad de operación de los vehículos, constituyen parámetros fundamentales en el proceso de diseño y evaluación económica de un proyecto vial.

Los resultados de este proceso están además, condicionados por las hipótesis que se adopten en cuanto a la evolución y comportamiento

futuro de estos parámetros. Por lo tanto, es de vital importancia efectuar un análisis comparativo entre los parámetros medidos y proyectados en EUROPACT et al (1983), y los obtenidos de las mediciones realizadas con motivo del presente trabajo. Este análisis comparativo se describe a continuación:

3.1. Mediciones de tránsito

Los parámetros que serán sometidos al análisis descrito son: volúmenes y estructura de los flujos vehiculares, tasas de ocupación y velocidades de operación de los vehículos. Los movimientos vehiculares que serán considerados para efectos de comparación son los correspondientes a la situación con proyecto y se especifican en la Fig. 2.

En EUROPACT et al (1983) los volúmenes de flujos vehiculares fueron medidos, para cada uno de los movimientos existentes, considerando 4 cateogrías de vehículos (vehículos livianos, camiones, buses y taxibuses). Las mediciones se realizaron los días Jueves 14 y 28 de Octubre de 1982 entre las 7:00 y 22:00 hrs., y los días Sábado 16 y Domingo 17 de Octubre de 1982 entre las 10:00 y 21:00 hrs.

Las tasas de ocupación también fueron medidas por movimiento. En el caso de los días de fin de semana se tomaron muestras simultáneamente con los conteos vehiculares. En cambio, en el caso de los días hábiles (o de semana) fueron medidas en cada uno de los lapsos resultantes del proceso de periodización, el día Martes 17 de Noviembre de 1982.

Las velocidades no fueron medidas. La razón señalada en EUROPACT et al (1983), es que debido a que la situación base planteada incluye importantes modificaciones en relación a lo existente (i.e: se incorporan semáforos en cada una de las calzadas de Av. L.B.O'Higgins-Ruta 68) no era procedente medir directamente velocidades en esta zona. Las velocidades asumidas en los distintos arcos, tanto en la situación base como en la con proyecto, se adoptaron por analogía a otras vías en las que se tenía información, excepto en el caso de Av. Pajaritos en donde había mediciones recientes.

Con motivo del presente trabajo, la SECTU encargó las mediciones de tránsito pertinentes. Los volúmenes de flujos vehiculares fueron medidos considerando las mismas categorías de vehículos de EUROPACT et al (1983), para los movimientos indicados en la Fig. 2, los días Martes 24 de Septiembre de 1985 entre 7:00 y 22:00 hrs., Jueves 26 de Septiembre de 1985 entre 7:00 y 10:00 y entre 17:00 y 21:00 hrs; Sábado 28 de Septiembre de 1985 entre 10:00 y 14:30 y 15:30 y 21:00 hrs. y Domingo 29 de Septiembre de 1985 entre 19:00 y 21:00 hrs.

Las tasas de ocupación se obtuvieron de muestreos efectuados simultáneamente con las mediciones de flujos vehiculares. Las velocidades se midieron entre los días 25 y 29 de Septiembre, en los horarios anteriormente señalados. El método de las patentes fue utilizado para realizar estas mediciones. Básicamente se procedió a la identificación de una muestra aleatoria de vehículos en cada una de las esta

ciones de control (entrada y salida), cuya ubicación se señala en la Fig. 2 y la posterior determinación del tiempo ocupado para recorrer el arco para cada vehículo identificado.

La información tomada en las estaciones para los vehículos muestreados, incluía su tipo (según las categorías establecidas), los números de su patente y la hora, minutos y segundos de su pasada por la estación. Esta información fue grabada en terreno verbalmente en cassette, posteriormente validada y procesada, obteniéndose el tiempo de viaje por diferencia en la hora de pasada entre una estación de entrada y una de salida.

3.2. Periodización

Del procesamiento y análisis de la información de flujos vehiculares recogida por la SECTU, se concluyó que la periodización obtenida para la situación actual es similar a la definida en EUROPACT et al (1983) y corresponde a la siguiente:

Período 1: día hábil de 7:30 a 8:30 hrs.
Período 2: día Domingo de 19:15 a 21:00 hrs.
Período 3: día hábil de 8:30 a 9:45 hrs.
Período 4: día Sábado de 10:00 a 14:30 hrs.
Período 5: día hábil de 17:45 a 21:30 hrs.
Período : día hábil de 6:00 a 7:30 hrs, de 9:45 a 17:45 y de 21:00
Resto a 23:00 hrs; Sábado de 14:30 a 21:00 hrs; y Domingo de 10:00 a 19:15 y de 21:00 a 22:00 hrs.

De ella, se desprende que el número de horas semanales correspondientes a cada período es el que se indica en la Tabla 1.

PERIODO	HORAS
1	5,00
2	1,75
3	6,25
4	2,50
5	18,75
R	74,25
TOTAL	108,50

TABLA 1 : Número de horas semanales por período, expresado en hrs/semana

3.3. Flujos vehiculares

a. Flujos, estudio prediseño y evaluación económica

Tal como se señaló anteriormente, en EUROPACT et al (1983) los flujos vehiculares fueron medidos en el año 1982 considerando 4 categorías de vehículos. Luego utilizando los factores de equivalencia 1,0 para vehículos livianos; 2,0 para camiones; 2,0 para buses y 1,65 para taxibuses, se calculó el flujo horario total expresado en vehículos equivalentes (P.C.U.), para cada uno de los movimientos descritos en la Fig. 2. Los valores obtenidos correspondientes a cada uno de los períodos, se encuentran contenidos en el Anexo 1 (Tabla A.1.1.) bajo la columna denominada: Flujos año 82.

Sin embargo, en dicho estudio, en la evaluación económica se supuso que el 1er. año de operación del proyecto sería 1985, por lo tanto, con el fin de estimar los flujos que existirían en este año, se adoptó un factor de crecimiento para el período 82-85 de un 8,0% para vehículos livianos y un 2,5% para locomoción colectiva. Los flujos horarios obtenidos expresados en vehículos equivalentes, se encuentran en el Anexo 1 (Tabla A.1.1.) bajo la columna denominada: Flujos proyectados.

b. Flujos actuales

Siguiendo una metodología similar a la anterior, en base a las mediciones realizadas con ocasión del presente estudio, se procedió a calcular los flujos horarios totales expresados en vehículos equivalentes en cada período, para los movimientos especificados en la Fig. 2. Los resultados obtenidos están contenidos en el Anexo 1 (Tabla A.1.1.) bajo la columna denominada: Flujos actuales.

c. Análisis de los resultados obtenidos

De la información presentada en el Anexo 1 (Tabla A.1.1.) es posible concluir lo siguiente:

En general, para los movimientos de mayor importancia, en términos de volumen vehicular, los flujos medidos en la actualidad presentan disminuciones respecto a los proyectados, llegándose incluso a valores inferiores a los medidos en el año 1982. Entre los casos más significativos cabe destacar dos: el movimiento 3 (flujo proveniente de Av. Pajaritos y que se dirige al oriente por Av. L.B.O'Higgins), que presenta disminuciones, en todos los períodos, que varían entre un 2,0 y un 33,0%. Esto se debe a que en la actualidad los vehículos de locomoción colectiva se han reasignado a la calzada lateral de Av. L.B.O'Higgins. El otro caso corresponde al movimiento 1 (flujo proveniente del occidente con destino a la Av. L.B.O'Higgins) que presenta en el período 2 (Domingo en la tarde) una disminución del 45% respecto de lo proyectado.

Se presume que esta baja está asociada a cambios experimentados en las condiciones propias de los viajes desde y hacia la costa y que no están relacionadas al proyecto materializado en este nudo,

Existen algunos flujos que han experimentado crecimientos respecto de lo proyectado, siendo el más significativo el correspondiente al movimiento 7 (flujos que provienen desde el Norte y se dirigen hacia el Sur), que llega a ser de hasta un 390% en el período 1. Este es un movimiento de baja magnitud y su variación tan significativa tiene absoluta justificación, ya que en la situación sin proyecto, a pesar de estar impedido, fué detectado.

Exceptuando el caso del movimiento 1 en el período 2 (disminución de 558 pcu/hr. respecto de lo proyectado) no se observó ninguna modificación en la estructura de los flujos. Tampoco se observó un cambio en la composición de los flujos vehiculares al efectuar el procesamiento de la información.

Finalmente, para hacer un análisis del comportamiento de los flujos que acceden al nudo, se procedió a calcular, para cada período, los flujos semanales que concurren a esta intersección, obteniéndose los resultados que se presentan en la Tabla 2. De ellos se desprende que en los períodos 1, 3, 4 y 5 el nivel de flujos total de la intersección prácticamente no ha variado entre el año 1982 y 1985. En el caso del período 2 (Domingo en la tarde), se ha llegado a niveles muy por debajo de los existentes en el año 1982. Sólo se detecta crecimiento de flujos en el período resto, con una variación del 9,8% respecto de los flujos del año 1982.

PERIODO	FLUJOS AÑO '82	FLUJOS PROYECTADOS	FLUJOS ACTUALES
1	17.655	18.950	17.400
2	5.569	5.963	4.526
3	14.931	15.956	14.806
4	11.056	11.826	11.277
5	44.156	47.231	43.050
R	150.431	159.192	165.206
TOTAL	243.798	259.118	256.265

TABLA 2: Flujo total que accede al nudo, expresado en P.C.U./semana

3.4. Tasas de ocupación

a. Tasas de ocupación, estudio de prediseño y evaluación económica

Las tasas de ocupación en EUROPACT et al. (1983) fueron medidas considerando tres categorías de vehículos: vehículos livianos (incluye camiones), buses y taxibuses. Tal como se señaló

anteriormente el 1er. año de operación del proyecto se supuso 1985. Las tasas de ocupación de vehículos livianos se consideró que no variaban en el período 82-85, en tanto que para el caso de vehículos de locomoción colectiva (buses y taxibuses) se adoptó un factor de crecimiento del 4% para dicho período. Las tasas de ocupación obtenidas para el 1er. año de operación se encuentran contenidas en el Anexo 1 (Tabla A.1.2.), bajo la columna denominada: proyectadas.

b. Tasas de ocupación actuales.

Las mediciones realizadas en Septiembre del presente año, fueron hechas considerando las mismas categorías de vehículos del estudio de prediseño, y sus resultados se muestran en el Anexo 1 (Tabla A.1.2.), bajo la columna denominada: actuales.

c. Análisis de los resultados obtenidos.

Se observa para todas las categorías de vehículos un crecimiento significativo de las tasas de ocupación actuales con respecto a las proyectadas. Este incremento es en promedio de un 23% para los vehículos livianos y de un 50% para los buses.

Conocidas las tasas de ocupación y los flujos vehiculares se procedió a calcular, para cada uno de los períodos, la cantidad de viajes semanales que concurren al nudo. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3, y de ellos se desprende que en todo los períodos, exceptuando el período 2, se produce un incremento en los viajes que oscila entre el 10 y el 35% respecto de los proyectados.

En cambio en el período 2 se produce una disminución del 5% producto de la importante disminución de los flujos provenientes de la Costa. En relación al total semanal cabe señalar que los viajes actuales se incrementaron en un 15% respecto de los proyectados y un 23% respecto de los medidos en el año 1982.

PERIODO	VIAJES AÑO '82	VIAJES RPROYECTADOS	VIAJES ACTUALES
1	48.625	52.210	71.385
2	19.161	20.617	19.637
3	39.356	42.225	54.319
4	31.028	33.341	38.561
5	145.669	156.263	173.644
R	448.693	481.214	545.440
TOTAL	732.532	785.870	902.986

TABLA 3: Número de viajes que concurren al nudo, expresado en viajes/semana

El aumento en la cantidad de viajes detectados en el presente análisis se debe fundamentalmente al incremento de la población en el área adyacente al nudo. De acuerdo a antecedentes proporcionados por la Municipalidades respectivas, para el período 82-85 se construyeron 9.788 viviendas en torno a Pajaritos en Maipú y 1.000 viviendas en torno a General Bonilla en Pudahuel.

4. Simulación

En EUROPACT et al (1983), la estimación de consumo de recursos de las situaciones base y con proyecto se realizó en base a una simulación de las redes que representan cada una de estas situaciones y que abarcan un área común de influencia. Ambas redes se presentan en las láminas 3 y 4 respectivamente. Los límites son idénticos en los dos casos, lo que se logró introduciendo "cuellos de botella" como nodos ficticios cuando no hay uno real. La simulación se realizó mediante el modelo TRANSYT optimizando sólo desfases para cada uno de los períodos, considerando los flujos correspondientes al ler. año de operación del proyecto (proyectados al año 1985).

Sin embargo, se ha demostrado que emplear TRANSYT para solamente optimizar desfases produce índices de rendimiento, en este caso demonstrados, peores que aquella que además optimiza repartos (full optimization). Por este motivo, para el presente trabajo se adoptó esta última modalidad.

A raíz de esta modificación en la modalidad de optimización del TRANSYT, se procesaron de nuevo las situaciones base y con proyecto definidas en EUROPACT et al (1983). Además, con el fin de hacer un análisis de los consumos de recursos, en términos económicos, entre lo simulado bajo ciertas hipótesis en el estudio de prediseño y la simulación con los antecedentes existentes en la actualidad, se procedió a modelar la situación base incorporándole los flujos actuales (en cuanto a las velocidades se asume que estos no han variado) y la situación con proyecto incorporándole flujos vehiculares y velocidades actuales. Los resultados obtenidos fueron utilizados posteriormente para el cálculo de los costos asociados al consumo de recursos (costos de operación de vehículos y costos de tiempo de los usuarios).

5. Costos de Inversión

El presente capítulo entrega los resultados obtenidos de la actualización de los costos de inversión, privados y sociales, al nivel de precios de Junio de 1985.

5.1. Costos de inversión del prediseño

A partir de las ubicaciones, basadas en el prediseño desarrollado en EUROPACT et al (1983), incluidas en ese mismo estudio, se procedió a actualizar los montos de inversión utilizando la información

procedente de la revisión de las últimas propuestas del Ministerio de Obras Públicas. Con lo cual se obtuvo los costos de inversión privados, al nivel de precios adecuado, correspondientes a las cubicaciones del prediseño original (ver Tabla 4).

Los costos sociales fueron calculados en base al desglose de precios unitarios de las distintas partidas consideradas en las cubicaciones y realizando las correcciones pertinentes a los precios privados por concepto de: mano de obra, moneda extranjera y la eliminación de los porcentajes correspondientes a transferencias. Los resultados aparecen en la Tabla 4.

5.2. Costos de inversión del proyecto construido

Los costos de inversión privados en este caso, fueron calculados a partir de la suma reajustada de los estados de pago efectuados por SERVIU Metropolitano al contratista que efectuó los trabajos. El factor de reajuste empleado corresponde al calculado por SERVIU con ocasión de ese contrato.

En cuanto a la estimación de los precios sociales, la metodología utilizada corresponde a un procedimiento análogo al anteriormente descrito en el punto 5.1., agregando además correcciones por efecto del consumo real de recursos basándose en las cubicaciones del detalle del trabajo de obra. Los resultados se presentan en la Tabla 4.

5.3. Análisis comparativo de costos de inversión

En general se observan diferencias entre los costos estimados del prediseño y los del proyecto construido, atribuibles en la mayoría de los casos a discrepancias derivadas de las características del diseño estructural de las obras, las que difieren entre partidas iguales. Tal es el caso de los pavimentos, paso bajo nivel y muros de contención.

Sin embargo, la mayor diferencia en los costos de inversión, privados y sociales, se produce en la partida global de paisajismo en donde los costos en el proyecto construido ascienden a doce veces el monto estimado en el prediseño. Esta diferencia se debe fundamentalmente a la naturaleza de los trabajos de paisajismo realizados, los cuales exceden con creces los requeridos con el fin de restituir las áreas verdes.

PARTIDA	COSTOS PREDISEÑO		COSTOS PROYECTO CONSTRUIDO	
	PRIVADO	SOCIAL	PRIVADO	SOCIAL
1. Pavimentación y tratamiento de Superficie.	23.922.338	21.237.085	32.590.358	30.393.166
2. Paso bajo nivel y muros de contención.	52.471.965	45.767.696	41.076.985	33.126.547
3. Reposición de los servicios públicos.	8.804.941	7.559.956	8.603.198	7.155.748
4. Semaforización	2.457.563	2.760.710	4.211.292	4.511.119
5. Señalización y demarcación.	1.683.961	1.431.366	1.500.894	1.362.323
6. Paisajismo.	992.441	945.079	11.659.503	11.102.151
7. Estudio de Proyecto y otros.	4.166.961	3.350.240	4.220.000	3.239.500
8. Areas verdes sustituidas.	-	13.171.783	-	13.171.783
TOTAL	94.500.170	96.223.915	103.862.230	104.062.337

TABLA 4 : Costos de inversión, expresados en \$ (nivel de precios, Junio 1985)

Por otro lado, si bien es cierto las obras de vialidad urbana deben tener en cuenta el embellecimiento del entorno, en tanto éste sea posible, los recursos destinados a este fin deben mantener una relación razonable respecto del volúmen total consumido.

5.4. Costos de inversión de la situación base

La situación base consistía, de acuerdo a EUROPACT et al (1983), en la semaforización de la intersección de Av. L.B.O'Higgins con el acceso Poniente de la semirotonda y en la intersección del flujo occidente - oriente (de Av. L.B.O'Higgins) con el giro a la izquierda proveniente de la misma vía desde el oriente.

Se consideraba además el ensanche de la calzada sur de Av. L.B. O'Higgins con el fin de permitir el acceso en dos pistas al flujo proveniente de Pajaritos.

Para la elaboración de este trabajo fue necesario estimar los costos de inversión de la situación base, para lo cual se calculó, con las cubificaciones pertinentes y los niveles de precio de Junio de 1985, estos valores.

Los resultados obtenidos arrojan un monto de \$ 4.893.909 para la inversión privada y de \$ 5.132.836 para la inversión social.

6. Beneficios Directos

Los beneficios directos del 1er. año de operación, valorados a precios sociales, fueron calculados a partir de los ahorros de tiempo de los usuarios y de costos de operación de vehículos que se producen al comparar las situaciones base y con proyecto. Para ello, mediante un programa computacional fueron valorados monetariamente los consumos que resultan de la modelación con TRANSYT de cada una de las situaciones.

6.1. Precios sociales de los recursos

En EUROPACT et al (1983) se utilizaron los siguientes precios sociales (nivel Septiembre 1982):

- Combustible vehículos livianos : 23,34 \$/lt
- Combustible locomoción colectiva : 22,53 \$/lt
- Valor del tiempo (único) : 47,26 \$/hr-pas

El nivel de precios utilizados para el presente trabajo, es Junio de 1985. Los precios sociales que se usaron en la presente evaluación son los siguientes:

- Combustible vehículos livianos : 46,75 \$/lt
- Combustible locomoción colectiva : 46,20 \$/lt
- Valor del tiempo (único) : 67,42 \$/hr-pas

6.2. Beneficios del prediseño

Los beneficios estimados en el prediseño (EUROPACT et al 1983) sufren modificaciones derivadas del cambio en el nivel de precios y del uso de la modalidad "Full Optimization" en la simulación con TRANSYT. Los resultados obtenidos se encuentran contenidos en la Tabla 5.

6.3. Beneficios del proyecto

Tal como se señaló en el capítulo de simulación, a la situación base propuesta en EUROPACT et al (1983), se le incorporaron los nuevos flujos medidos y se utilizaron las mismas velocidades del estudio original.

Con los resultados de esta simulación e incorporando las tasas de ocupación actuales se determinó los costos de operación y tiempo de los usuarios. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6 bajo la columna denominada: costos situación base.

En forma análoga se procedió con la situación con proyecto, pero incorporando esta vez en la simulación las velocidades medidas con motivo del presente trabajo. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6, bajo la columna denominada: costos situación con proyecto.

Haciendo la diferencia entre los costos de ambas situaciones se obtuvo la estimación de los beneficios que reporta el proyecto construido (ver Tabla 6).

6.4. Análisis de los resultados obtenidos

Las diferencias observadas en los costos de consumo de recursos entre ambas evaluaciones que se reflejan en un crecimiento de los costos para las condiciones actuales en relación a las proyectadas, de 4,1% en la situación base y de un 6,3% en la situación con proyecto, se encuentran plenamente justificados por el aumento del número de viajes y la disminución del volumen total de vehículos que accede al nudo, respecto de los valores supuestos (ver capítulo 3).

Se realizó un análisis de sensibilidad respecto de la influencia de las velocidades en las diferencias antes descritas, concluyéndose que sólo un 8,9% de esta variación es atribuible a las discrepancias detectadas entre las velocidades medidas y las supuestas (ver capítulo 3).

PERIODO	COSTOS SITUACION BASE			COSTOS SITUACION C/PROYECTO			BENEFICIO	
	OPERACION	TIEMPO	TOTAL	OPERACION	TIEMPO	TOTAL	TOTAL	TOTAL
1	6.213,8	3.963,2	10.177,0	5.758,0	3.114,1	8.872,1	1.304,9	
2	2.657,6	1.928,5	4.586,1	2.320,2	1.508,8	3.829,0	757,1	
3	6.462,6	3.537,8	10.000,4	5.960,8	2.692,6	8.653,4	1.347,0	
4	5.378,4	2.926,7	8.305,1	4.957,2	2.562,0	7.519,2	785,9	
5	21.872,6	14.915,0	36.787,6	19.868,0	11.052,6	30.920,6	5.867,0	
R	76.270,8	42.488,8	118.759,6	68.524,6	33.868,3	102.392,9	16.366,7	
TOTAL	118.855,8	69.760,0	188.615,8	107.388,8	54.798,4	162.187,2	26.428,6	

TABLA 5 : Beneficios del prediseño, expresados en miles \$/año (nivel de precios, Junio 1985)

	COSTOS SITUACION BASE			COSTOS SITUACION C/PROYECTO			BENEFICIO	
	OPERACION	TIEMPO	TOTAL	OPERACION	TIEMPO	TOTAL	TOTAL	TOTAL
1	6.238,6	5.155,5	11.394,1	6.006,6	4.382,6	10.389,2	1.004,9	
2	2.055,6	1.908,5	3.964,1	1.922,8	1.484,7	3.407,5	556,6	
3	6.032,0	4.896,8	10.928,8	5.921,2	3.580,4	9.501,6	1.427,2	
4	5.064,0	3.440,1	8.504,1	4.819,8	2.807,4	7.627,2	876,9	
5	20.290,8	17.441,6	37.732,4	19.017,0	13.037,7	32.054,7	5.677,7	
R	76.427,6	47.405,0	123.832,6	70.912,2	38.627,2	109.539,4	14.293,2	
TOTAL	116.108,6	80.247,5	196.356,1	108.599,6	63.920,0	172.519,6	23.836,5	

TABLA 6 : Beneficios del proyecto construido, expresado en miles \$/año (nivel de precios, Junio 1985)

7. Cálculo de Indicadores

La metodología de evaluación de la Comisión de Transporte Urbano (SECTU, 1982) establece que los indicadores que se deben usar para determinar la rentabilidad de un proyecto de vialidad urbana son:

VAN_1 : Costo de postergar por un año la realización del proyecto

TRI : Tasa de rentabilidad inmediata

Los beneficios y costos considerados están valorados socialmente. Sólo se incluye en los cálculos los beneficios directos.

7.1. Indicadores de rentabilidad del prediseño

a. Según EUROPACT et al (1983) los resultados obtenidos fueron los siguientes (nivel de precios Septiembre 1982):

- Beneficios (miles \$)

Ahorros costos operación	= 6.651,2
Ahorros costo tiempo	=10.846,2
TOTAL	=17.497,4

- Costo de Inversión (miles \$)

I. Prediseño	= 56.387,0
I. Base	= 1.460,0
I. Neta	= 54.927,0

- Indicadores

VAN_1 (r=12%)	= 9.737,6 miles \$
TRI	= 39,1%

b. La actualización efectuada en el presente estudio arrojó los siguientes resultados (nivel de precios, Junio 1985):

- Beneficios (miles \$)

Ahorros costo operación	= 11.467,0
Ahorros costo tiempo	= 14.961,6
TOTAL	= 26.428,6

- Costo de Inversión (miles \$)

I. Prediseño	= 96.233,9
I. Base	= 5.132,8
I. Neta	= 91.101,1

- Indicadores

$$VAN_1(r=12) = 13.836,1 \text{ miles \$}$$

$$TRI = 29,0\%$$

7.2. Indicadores de rentabilidad del proyecto construido

Los resultados obtenidos para el proyecto construido son los siguientes (nivel de precios, Junio 1985):

- Beneficios (miles \$)

$$\text{Ahorros costo operación} = 7.508,0$$

$$\text{Ahorros costo tiempo} = 16.327,5$$

$$\text{TOTAL} = 23.835,5$$

- Costos de Inversión (miles \$)

$$\text{I. Proyecto} = 104.062,3$$

$$\text{I. Base} = 5.132,8$$

$$\text{I. Neta} = 98.929,5$$

- Indicadores

$$VAN_1(r = 12\%) = 10.682,1 \text{ miles \$}$$

$$TRI = 24,1\%$$

8. Conclusiones

Los indicadores de rentabilidad obtenidos para el proyecto construido (ver 7.2.) presentan una fuerte disminución respecto de los obtenidos en la actualización del prediseño (ver 7.1., letra b), ubicándose bajo los rangos en que se mueven los indicadores del prediseño al efectuar los análisis de sensibilidad pertinentes. Este hecho es motivo de preocupación, ya que en proyectos que presentan indicadores rentabilidad menores, se podría tomar decisiones no muy acertadas respecto de inversiones cuantiosas como lo son en este caso.

Por esta razón, en futuros estudios de Prediseño y Evaluación Económica se deben concentrar mayores esfuerzos en lograr precisar aún más la posible evolución futura de la magnitud de los flujos vehiculares, tasas de ocupación y velocidades de operación de los vehículos.

También, debe lograrse que los análisis de sensibilidad recojan adecuadamente la variación relativa de los precios de los distintos recursos involucrados en las estimaciones de costos y beneficios.

Por otro lado, resulta interesante recalcar la necesidad de desarrollar una metodología apropiada para abordar la Evaluación Ex-Post de proyectos de vialidad urbana, a fin de homogeneizar los criterios relativos al desarrollo de la misma, desde la recopilación de información en terreno hasta la consideración de los efectos atribuibles al proyecto y otros que son exógenos al mismo, tales como aumento de las tasas de ocupación o variaciones en las características del asentamiento poblacional.

Finalmente, realizado este estudio de evaluación Ex-Post es posible afirmar que el proyecto construido es rentable, confirmando de esta manera la bondad de las estimaciones del estudio de prediseño y evaluación económica.

Referencias

1. TARNOFF, P.I. y PARSONSON, P.S.(1981) Selecting traffic signal control at individual intersections. TRB Report 233, National Cooperative Highway Research Program, Washington, D.C.
2. SECTU (1982) Metodología para la Evaluación Social de Inversiones en Vialidad Urbana. Comisión de Transporte Urbano, Santiago.
3. EUROPACT, IASA, NECOCHEA Y RAMIREZ (1983) Estudio de prediseño y evaluación económica del nudo Av. L.B.O'Higgins * Pajaritos. Informe final a la Comisión de Transporte Urbano, Santiago.
4. OMEGA (1984) Proyecto de ingeniería de la intersección Av. Pajaritos con Alameda Bernardo O'Higgins. Informe final al SERVIU Metropolitano, Santiago.

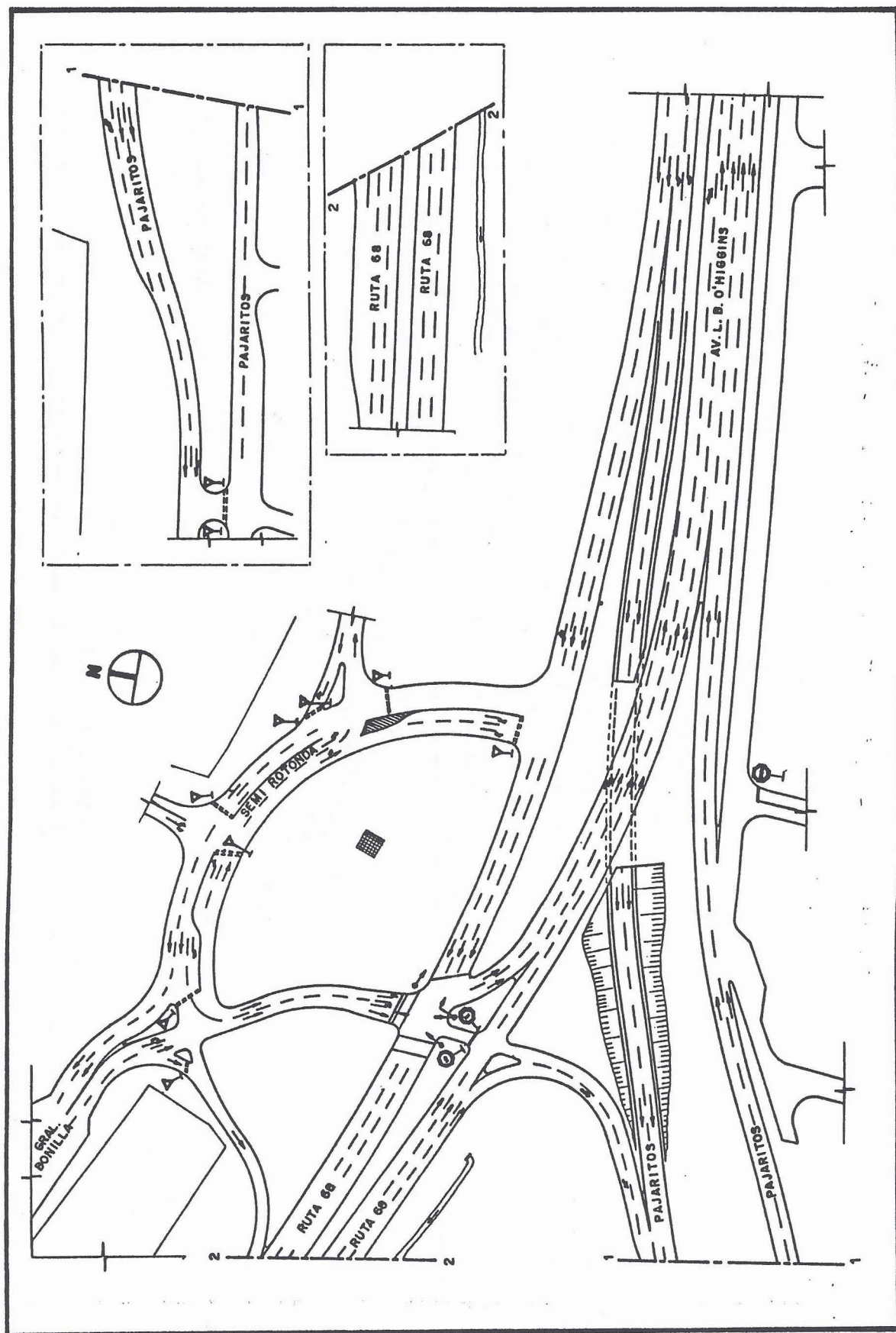


FIGURA 1: Prediseño de Avda. B. O'higgins-Pajaritos.

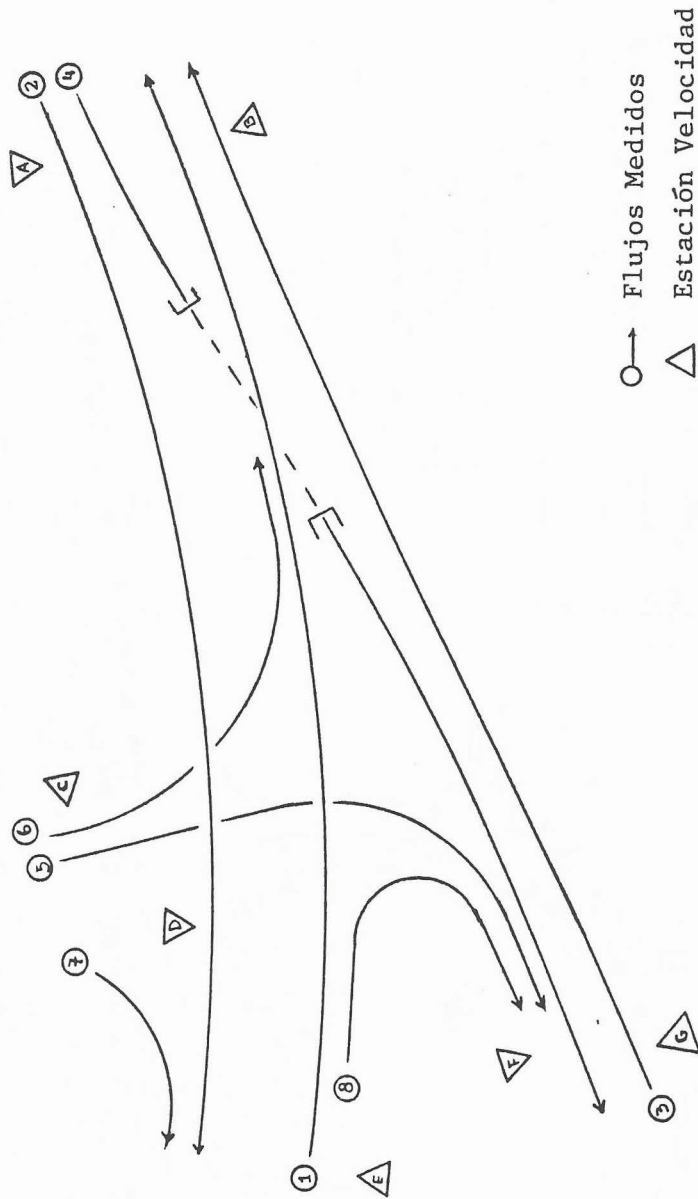


FIGURA 2: Movimientos medidos y estaciones de velocidad

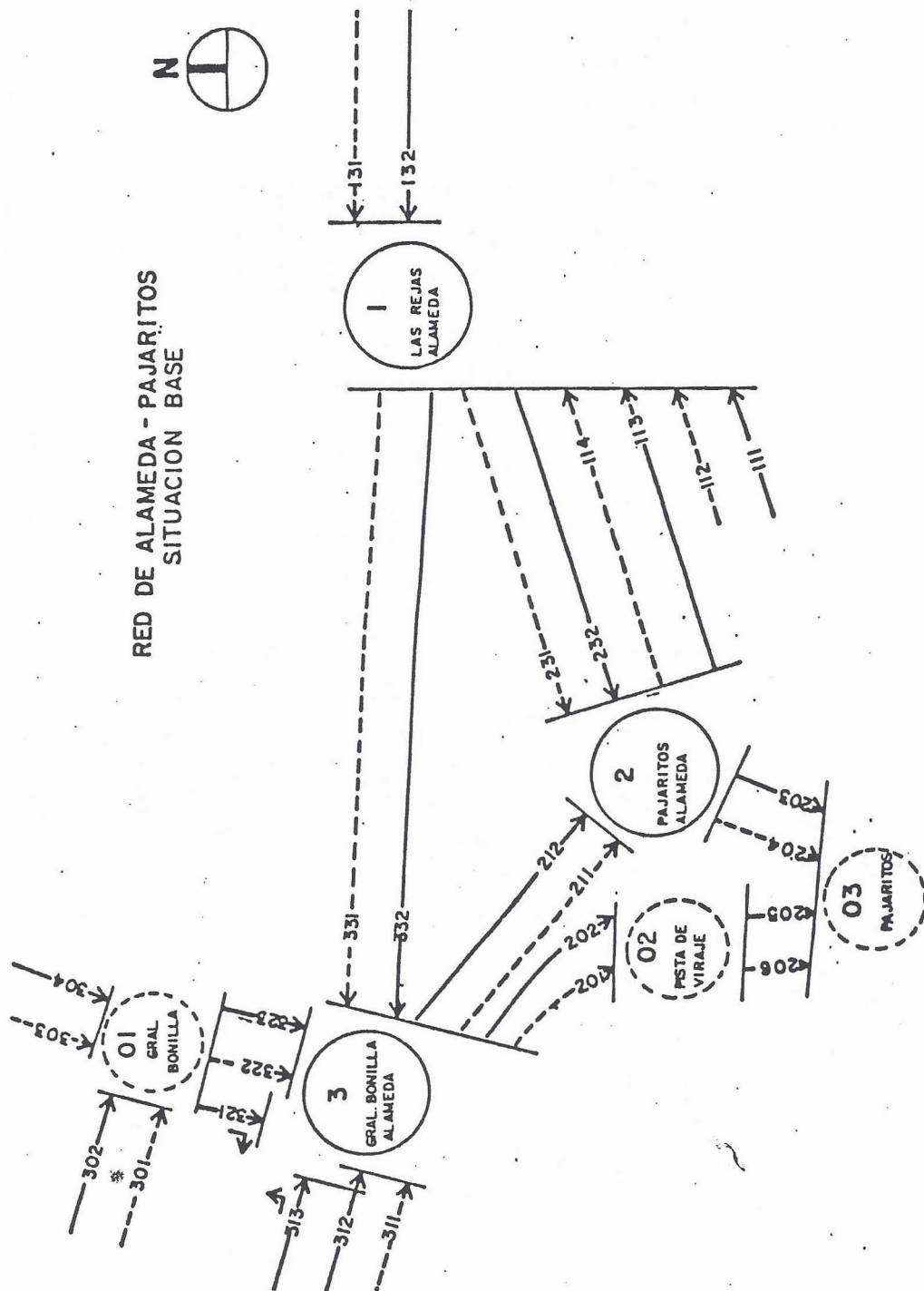


FIGURA 3: Red TRANSYT situación base

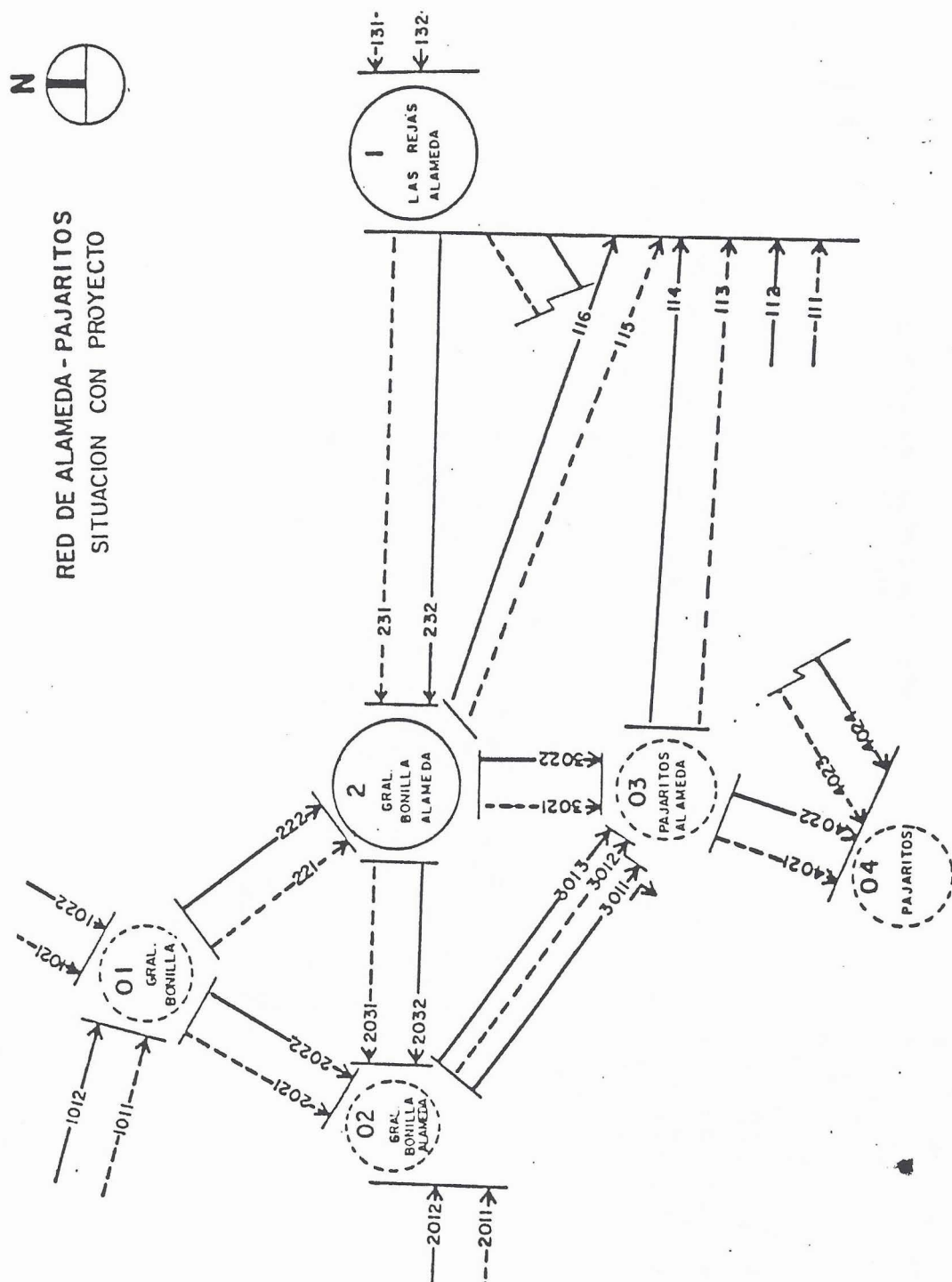


FIGURA 4: Red TRANSYT situación con proyecto

ANEXO 1

TABLA A.1.1. Flujos horarios, expresados en P.C.U./Hr.

PERIODO	MOVIMIENTO	FLUJOS AÑO '82	FLUJOS PROYECTADOS	FLUJOS ACTUALES
1	1	184	196	275
	2	653	700	560
	3	1.524	1.645	4.341
	4	619	662	572
	5	106	114	121
	6	435	463	550
	7	10	10	49
	8	(1)	(1)	12
2	1	1.146	1.232	674
	2	342	364	410
	3	680	734	518
	4	500	533	590
	5	73	78	68
	6	421	449	300
	7	20	21	18
	8	(1)	(1)	8
3	1	251	266	291
	2	450	481	359
	3	783	845	754
	4	567	604	509
	5	54	58	66
	6	267	291	359
	7	8	8	16
	8	(1)	(1)	15
4	1	309	328	302
	2	617	661	568
	3	514	555	546
	4	516	550	625
	5	62	66	84
	6	410	437	340
	7	29	31	32
	8	(1)	(1)	9
5	1	305	325	319
	2	386	411	382
	3	478	516	401
	4	800	856	783
	5	90	97	86
	6	280	297	292
	7	16	17	26
	8	(1)	(1)	7

(1) En EUROPACT et al (1983) estos flujos fueron medidos en conjunto con el movimiento 1.

Continuación TABLA A.1.1.

Resto	1	316	334	345
	2	374	397	406
	3	456	489	481
	4	183	510	540
	5	58	62	87
	6	324	339	338
	7	16	13	12
	8	(1)	(1)	16

TABLA A.1.2. Tasas de ocupación, expresadas en Pas/Veh

PERIODO	MOVIMIENTO	PROYECTADAS			ACTUALES		
		A	B	T	A	B	T
1	1	1,48	13,52		1,80	27,86	
	2	1,59	30,26	12,48	1,81	35,33	25,00
	3	1,79			2,64		
	4	1,59	30,26	12,48	1,88	29,04	
	5	1,44			2,05		
	6	1,44	40,04	33,70	2,05	63,49	29,38
	7	1,44			2,05		
2	1	2,94	28,08	12,48	3,09	44,28	15,00
	2	2,43	18,93	11,96	2,63	35,49	20,00
	3	2,94			2,79		
	4	2,43	20,28	16,64	3,07	36,45	
	5	2,45			2,98		
	6	2,45	17,37	13,83	2,98	25,85	16,49
	7	2,45			2,98		
3	1	1,89	21,22	12,48	2,18	32,91	10,00
	2	1,20	14,66	12,48	1,87	30,24	8,33
	3	1,74			2,22		
	4	1,20	14,66	12,48	1,75	16,47	
	5	1,40					
	6	1,40	36,61	28,81	1,80	39,50	24,55
	7	1,40			1,80		
4	1	2,07	18,93	12,48	2,14	27,31	8,33
	2	2,63	20,28	12,48	2,45	30,96	8,75
	3	1,98			2,12		
	4	1,44	17,12	16,64	2,04	21,74	
	5	1,54			1,84		
	6	1,54	18,20	13,00	1,84	29,29	15,33
	7	1,54			1,84		
5	1	2,26	21,98	8,32	2,14	14,76	

NOTA: A = Vehículos livianos + camiones
 B = Buses
 T = Taxibuses

Continuación TABLA A.1.2.

R	2	1,93	32,97	8,32	2,14	22,51	15,00
	3	1,66			1,92		
	4	1,93	32,31	28,30	2,21	70,00	
	5	1,43			1,87		
	6	1,43	29,86	15,26	1,87	14,17	7,50
	7	1,43			1,87		
	1	1,02	22,31	8,32	1,88	31,15	
	2	1,51	19,68	13,49	1,89	33,85	21,65
	3	1,73			2,13		
	4	1,51	19,68	13,49	1,90	22,79	
	5	1,55			1,94		
	6	1,55	17,92	19,24	1,94	18,62	10,00
	7	1,55			1,94		