

**UN ESTUDIO ECONOMETRICO DE LA DEMANDA DE
TRÁFICO TELEFÓNICO PARTICULAR EN ESPAÑA
1980-1990: TRÁFICO INTERURBANO,
INTERNACIONAL Y URBANO***

por
Teodosio Pérez Amaral**

Documento de Trabajo 92-06

Abril 1992

- * Este trabajo ha sido financiado por FEDEA y por el proyecto cicyt PB-900939-C02. El autor agradece las sugerencias y comentarios de Rafael Flores, Lola Grandal, Alvaro Escribano, María Teresa Garín, Mercedes Gracia, Jorge Nieto, Alfonso Novales, Isabel Sánchez, Sonia Sotoca y José Antonio Viñas así como la ayuda de Francisco Alvarez, Francisco Caballero, Gema de Cabo, Jose Antonio Herce, Ignacio Mauleón, Bernardo Moreno y Lester D. Taylor. Todos los errores son responsabilidad del autor.
- ** Departamento de Economía Cuantitativa de la Fdad. de CC.EE. y Empresariales de la Universidad Complutense de Madrid.

RESUMEN

En este trabajo, partiendo de un modelo teórico de la demanda de servicios de telecomunicaciones, se estudia econométricamente la demanda de tráfico telefónico particular en España entre los años 1980 y 1990, con datos trimestrales.

Utilizando técnicas de cointegración, se especifican ecuaciones de demanda de tráfico telefónico particular interurbano, internacional y urbano. Estas ecuaciones se someten a una batería de diagnósticos de especificación. Las elasticidades renta y precio estimadas están de acuerdo con la teoría, son comparables en magnitud a las obtenidas en estudios extranjeros, y podrían ser utilizadas para el análisis de los efectos de modificaciones de tarifas, y previsión de tráfico e ingresos a medio plazo.

INDICE

- 1.- Introducción.
 - 2.- Interés del estudio de la demanda de tráfico telefónico.
 - 3.- Un modelo teórico de la demanda de tráfico telefónico particular.
 - 4.- Los datos españoles.
 - 5.- Ecuación de tráfico particular interurbano.
 - 6.- Ecuación de tráfico particular internacional.
 - 7.- Ecuación de tráfico particular urbano.
 - 8.- Los resultados en perspectiva.
 - 9.- Conclusiones.
 - 10.- Notas.
- Referencias.
- Apéndice.

1.- Introducción

El estudio de la demanda de telecomunicaciones es un área que ha adquirido recientemente gran relevancia en todo el mundo. En particular, el análisis de la demanda telefónica ha sido objeto de numerosos estudios en los últimos veinte años.

Los estudios teóricos pioneros se encuentran recogidos principalmente en el *Bell Journal of Economics and Management Science* y datan de los años setenta. De entre ellos destacan los de Artle y Averous (1973), Squire (1974), Rohlfs (1974), Von Rabenau y Stahl (1974) y Littlechild (1975).

A estos trabajos han seguido otros muchos, tanto publicados como no publicados. De entre ellos citaremos los de Taylor (1980 y 1992), Brandon (1981), Courville, de Fontenay y Dobell (1983), Park, Wetzel y Mitchell (1983), Train, Mc Fadden y Ben-Akiva (1987), Curien y Gensollen (1989), y de Fontenay, Shugard y Sibley (1990).

Dentro de la demanda telefónica cabe distinguir entre demanda de acceso (demanda de líneas telefónicas) y demanda de uso (demanda de tráfico telefónico, esto es, de llamadas telefónicas).

La demanda de acceso ha recibido en nuestro país una atención considerable, siendo objeto de un conjunto de estudios; véase por ejemplo Treadway (1974), Martín Guzmán (1985), Barroso Gallego (1985), Hernández Navarro (1987), López García (1987), Torres Grajales (1989) y Mauleón Torres (1991).

La demanda de uso (tráfico telefónico), sin embargo, ha sido menos estudiada en nuestro país, excepción hecha del trabajo de Bader (1986) y el tratamiento teórico en Treadway (1974).

En este trabajo nos centraremos precisamente en el estudio de la demanda de tráfico telefónico. A efectos de su estudio, se pueden distinguir cinco dimensiones de las llamadas telefónicas:

- 1.- Hora del día y día de la semana de la llamada.
- 2.- Tipo de llamada (directa, persona a persona, cobro revertido, estación a estación, etc.).
- 3.- Duración de la llamada.
- 4.- Distancia de la llamada (local, interurbana e internacional).
- 5.- Tipo de instalación de origen (particular, comercial y teléfono público).

Los diferentes estudios realizados en otros países analizan la distribución del tráfico telefónico según las dimensiones citadas. La distancia de la llamada es una de las dimensiones principales, y las diferentes características y motivaciones de las llamadas según la distancia aconsejan su estudio desagregado.

En las referencias se incluye un amplio conjunto de trabajos tanto teóricos como empíricos que estudian las llamadas de tráfico urbano, interurbano e internacional¹.

En este trabajo centraremos nuestra atención en la modelización econométrica del tráfico telefónico particular desagregando por distancia de la llamada: llamadas interurbanas, internacionales y urbanas.

El resto del trabajo se estructura de la forma siguiente: en la Sección 2 exponemos los motivos del interés del estudio de la demanda de tráfico telefónico. En la Sección 3 presentamos un modelo teórico de la demanda de tráfico telefónico. En la Sección 4 hacemos una descripción de los datos disponibles para llevar a cabo la modelización en España. En las secciones 5 a la 7 presentamos las estimaciones obtenidas con los modelos elegidos utilizando los datos españoles.

En la Sección 8 se comparan los resultados obtenidos con los de otros estudios extranjeros, señalando sus limitaciones y sugiriendo formas de superarlas en estudios futuros. En la sección 9 se exponen las principales conclusiones. Los gráficos adicionales así como un conjunto de diagnósticos de especificación se incluye en el apéndice.

2. Interés del estudio de la demanda de tráfico telefónico.

El interés por el estudio de la demanda de tráfico telefónico (llamadas telefónicas) pasa a ser prioritario con respecto al estudio de la demanda de acceso (líneas telefónicas) en situaciones, como la española, en la que se dan en mayor o menor medida las circunstancias siguientes:

- 1.- Una gran importancia de los ingresos por tráfico (el 60% en 1990) frente a otros ingresos (tales como cuotas de abono, cuotas de conexión, guías, etc.).
- 2.- Una relativa madurez de la red telefónica básica (33 líneas por cada cien habitantes a final de 1991).
- 3.- Una perspectiva de aumento de la competencia a medio plazo en telefonía no básica (aproximadamente en 1995).

En una situación en la que la demanda de líneas y de tráfico no esté racionada por la oferta, el estudio de las condiciones de demanda de tráfico va a adquirir, además, preponderancia sobre el estudio de las condiciones de oferta del mismo, pues será la evolución de la demanda y no de la oferta la que determine la evolución de la cantidad de tráfico realizado. Este hecho ha sido puesto de manifiesto por el estudio de Garbe y Lange (1990) en Alemania acerca de la disponibilidad por parte de los consumidores a pagar por nuevos servicios técnicamente disponibles.

Naturalmente, en una situación como la española en la que se prevé una transición paulatina de un monopolio regulado a un oligopolio en algunos servicios, el estudio de la estructura de la oferta es un tema muy relevante, sobre todo para los organismos reguladores

El estudio de la demanda de tráfico telefónico interesará a las compañías operadoras, a los organismos oficiales reguladores, a los potenciales competidores y a las compañías suministradoras de equipos por los cinco motivos siguientes, ligados íntimamente entre sí: previsión de ingresos, tamaño y diseño de la red, previsión de demanda de líneas comerciales, fijación de tarifas y modulación horaria.

- 1.- La demanda de tráfico determinará el ingreso máximo y los beneficios de las compañías operadoras.
- 2.- La demanda de tráfico determinará, en buena medida, las disponibilidades financieras para acometer inversiones en el presente y en el futuro.
- 3.- La distribución espacial de la demanda de tráfico condicionará la política de inversiones en conmutación y líneas (diseño espacial de la red).
- 4.- La distribución horaria del tráfico condicionará la dimensión de la red. Si se quiere atender el tráfico en horas puntas, el tráfico en hora punta determinará el tamaño de la red. La modulación horaria del tráfico, variando las tarifas según la hora del día, es un tema importante, que ha recibido considerable atención en otros países: E.E.U.U., Alemania, Suiza y Francia principalmente. Véase Mitchell (1978), Curien y Gensollen (1989) y las referencias contenidas en ellos.
- 5.- El estudio del comportamiento de la demanda de tráfico por tipos de instalación (residencial y empresarial) es importante porque las características económicas de las demandas de los mismos son diferentes. Asimismo la necesidad de estudiar de manera desagregada la demanda de tráfico residencial y empresarial resulta subrayada por el hecho de que la demanda empresarial de líneas se halla íntimamente ligada (a través de la fórmula de Erlang²) a la demanda de tráfico telefónico empresarial. A este respecto, véase Curien y Gensollen (1989), p. 179 y sigs.

3.- Un Modelo Teórico de la demanda de tráfico telefónico particular.

Para desarrollar el modelo que presentamos en esta sección nos basamos en los trabajos de Artle y Averous (1973), Treadway (1974), Squire (1974), Von Rabenau y Stahl (1974) y Taylor (1980 y 1992). Para comenzar, nos centraremos en la demanda de tráfico telefónico de un consumidor individual residencial (particular).

Consideramos un consumidor cuya cesta de consumo potencial se compone de dos vectores: un vector q de dimensión $I \times 1$ de servicios telefónicos y un vector x , de dimensión $J \times 1$ que representa todos los bienes y servicios no telefónicos.

Sea N el número de suscriptores (abonados) al sistema telefónico y definamos δ como

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{si el consumidor se abona al servicio telefónico} \\ 0 & \text{si no se abona} \end{cases}$$

Supondremos que el consumidor tiene una función de utilidad escalar U con q , x y N como argumentos.

$$U = U(\delta q, x, \delta N) \quad (3.1)$$

U es un índice escalar de utilidad, diferenciable dos veces con respecto a sus argumentos. Todas las derivadas parciales son positivas. En particular $\partial U / \partial N > 0$.

Además la restricción presupuestaria del consumidor la expresaremos como:

$$\delta(r + \pi'q) + p'x = y \quad (3.2)$$

donde:

- r : cuota de abono (cuota de alquiler de la línea)
- π' : vector $1 \times I$ de precios de los servicios telefónicos
- p' : vector $1 \times J$ de precios no telefónicos
- y : renta del consumidor

La función de utilidad (3.1) es diferente a la habitual. La aparición de N en la función de utilidad refleja la externalidad positiva debida al tamaño del sistema. La utilidad del consumidor aumenta al aumentar el tamaño del sistema³. La utilidad del consumidor aumenta al aumentar el tamaño del sistema. Esto es lo que Artle y Averous (1973) llaman externalidad de acceso.

Las externalidades de uso las introduce Rohlfs (1974). Estas externalidades positivas reflejan el aumento de la utilidad del consumidor que recibe una llamada y no paga por ella.

Resulta razonable suponer que el tamaño de estos dos tipos de externalidades es proporcional al tamaño del sistema y es por lo que el número de suscriptores, N , podría recoger el efecto neto de ambas.

Las ecuaciones de demanda de uso y demanda de acceso se pueden obtener postulando, tal y como hace Rohlfs, un procedimiento de optimización en dos etapas. En la primera etapa se calculan los beneficios netos que obtendría el individuo derivados del uso del sistema telefónico, condicionales en el acceso. En la segunda etapa se comparan los beneficios netos con el coste del abono para decidir si se abona o no.

En la primera etapa suponemos que $\delta=1$ y maximizamos el Lagrangiano.

$$L = U(q, x, N) - \lambda (\pi'q + p'x - y + r) \quad (3.3)$$

con respecto a x y q .

Bajo condiciones de regularidad habituales, el sistema de ecuaciones formado por las condiciones de primer orden puede resolverse para obtener las demandas individuales de servicios telefónicos y de todos los demás bienes

$$q_i = q_i(\pi', p', N, y-r) \quad i = 1, \dots, I \quad (3.4)$$

$$x_j = x_j(\pi', p', N, y-r) \quad j = 1, \dots, J \quad (3.5)$$

En estas funciones apreciamos algunas diferencias con respecto a las funciones de demanda individuales tradicionales. En primer lugar, dependen del número de suscriptores, reflejándose así las externalidades de uso y acceso. En segundo lugar, el nivel de renta que aparece en la restricción presupuestaria es $y-r$, reflejando la condicionalidad del uso en el acceso. Bajo condiciones generales las ecuaciones (3.4) y (3.5) son homogéneas de grado cero en precios, tarifas y renta en términos nominales. Esto nos permitirá simplificar el modelo.

El cálculo de los beneficios netos que el consumidor obtiene del uso del teléfono se puede aproximar, siguiendo a Squire (1974) por el excedente del consumidor. Sean.

$$\pi_i = g_i(q, p, N, y-r) \quad i = 1, \dots, I \quad (3.6)$$

las funciones inversas de demanda de servicios telefónicos (despejando π_i de (3.7)); entonces el excedente del consumidor (S) derivado de consumir un vector q de servicios telefónicos será

$$S = \sum_{i=1}^I \int_0^{q_i} g_i(z, p, N, y-r) dz_i - \pi'q \quad (3.7)$$

donde z_i es el i -ésimo componente del vector z .

En la segunda etapa, el beneficio neto del consumidor por usar el sistema se comparará con la tarifa de abono, y por tanto⁴.

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{si } S \geq r \\ 0 & \text{si } S < r \end{cases} \quad (3.8)$$

Si $\delta=1$, entonces el análisis condicional de la primera etapa se convierte en incondicional y las demandas de servicios telefónicos y de otros bienes vienen dadas por (3.4) y (3.5).

Rohlf's (1974) usa la función de utilidad directamente para calcular los beneficios del uso del sistema telefónico en vez de usar, como Squire (1974), el excedente del consumidor, que es una aproximación. El error que se comete al utilizar esta aproximación es, generalmente, pequeño, como demuestra Willig (1976).

Siguiendo con la demanda de tráfico telefónico, nuestro siguiente paso será agregar las demandas individuales a toda la población. Sea Q el vector $1 \times I$ del total de servicios telefónicos que demandan los suscriptores al sistema. Siguiendo el desarrollo anterior vamos a suponer⁵ que Q va a ser función del número total de abonados (N) y de la distribución de la renta agregada $\Psi(Y)$:

$$Q = Q(\pi, p, r, N, \Psi(Y)) \quad (3.9)$$

y para cada uno de los I servicios telefónicos disponibles

$$Q_i = Q_i(\pi, p, r, N, \Psi(Y)) \quad i = 1, \dots, I. \quad (3.10)$$

donde para cada servicio i , tendremos que la derivada parcial de Q_i con respecto a su propio precio π_i debía ser negativa y las derivadas parciales de Q_i con respecto a los precios de los otros bienes o servicios podrían ser positivas o negativas según se trate de bienes o servicios sustitutivos o complementarios.

Las derivadas parciales de Q_i con respecto al número de abonados N y al nivel de renta Y debían ser positivas.

La tarifa de abono, r , se ha incluido en la demanda agregada de forma separada de la renta, Y , aunque podría haberse especificado la renta agregada como $Y - rN$.

El marco de análisis que hemos presentado es suficientemente general como para poder utilizarse para analizar las demandas de llamadas urbanas, interurbanas e internacionales identificando estas clases de llamadas con algunos de los I diferentes tipos de servicios telefónicos que hemos considerado. Además, puede generalizarse para analizar la demanda de llamadas desde teléfonos públicos, a cobro revertido, persona a persona, etc.

Puede, también, generalizarse para el caso de tarifas por tramos, tarifas con descuentos horarios y demanda punto a punto. Véase Taylor (1975, 1980 y próxima publicación).

Hay que señalar que precisamente porque los modelos teóricos presentados han sido desarrollados a un nivel de abstracción elevado, su utilización para el análisis de las demandas de servicios telefónicos concretos requiere distintos niveles de detalle en la especificación concreta, como se verá en las secciones siguientes.

Se puede observar que nos hemos abstraído de los posibles cambios tecnológicos, mejoras en el servicio, problemas de congestión, cambios en la población, listas de espera, introducción de nuevos servicios, etc. Habría que señalar, además que las demandas de servicios telefónicos tendrán, en general, estructuras dinámicas que habría que

tomar en cuenta en su modelización empírica y que no aparecen explícitamente en los modelos (3.9) y (3.10).

4.- Los datos españoles

Los datos telefónicos se han obtenido principalmente de los documentos de Telefónica de España (1988b, 1990 y 1991 a y b). En ellos se encuentran datos mensuales de impulsos telefónicos homogeneizados, desagregados por tipos de abonados particulares y comerciales. Asimismo dentro de cada tipo de abonado se desagrega por tipos de tráfico: urbano, interurbano e internacional. Además de esto hay datos de líneas facturables desagregados por tipos de abonados. Para las estimaciones se utilizan datos trimestrales de 1980:I a 1990:IV.

Con respecto a las tarifas se han utilizado tanto los índices de Telefónica (1988b), como el precio del paso en términos reales, de elaboración propia. El precio del paso en términos reales es el precio nominal del paso con impuestos dividido por el índice de precios al consumo.

Los datos de población se han obtenido del INE (1990). El PIB trimestral real se ha obtenido extendiendo el de Mauleón (1989). Las variables de pagos por turismo, exportaciones, importaciones e índice de precios al consumo, se han extraído del Boletín Estadístico del Banco de España (1991).

Las variables mensuales se han convertido a trimestrales mediante acumulación en el caso de flujos o hallando su media aritmética, en el caso de stocks. Las variables originalmente expresadas en pesetas corrientes se han deflactado por el índice de precios al consumo.

El tráfico telefónico representó en el año 1990 aproximadamente el 60% de los ingresos por operaciones de Telefónica. A su vez, el tráfico particular representó el 37,6% del tráfico total. Dentro del tráfico particular, el tráfico interurbano fue un 78,7%, el internacional un 5,6% y el urbano un 15,6%.

El tráfico particular medido en número de pasos homogeneizados⁶ presenta un crecimiento entre los años 1980 y 1990 de un 179%. Los componentes del tráfico particular, sin embargo, presentan un perfil de evolución temporal diferenciado.

El tráfico particular internacional creció aproximadamente un 369% entre 1980 y 1990, mientras que el tráfico interurbano y el urbano crecieron un 175% y un 160% respectivamente. La evolución de estas magnitudes se muestra en los gráficos 1 y 2.

Las principales variables que, según el modelo teórico, podrían explicar esta evolución son: la evolución del PIB (para aproximar la renta), la evolución de las tarifas en términos reales, el número de líneas facturables particulares, y la población. La evolución temporal de estas variables se presenta en los gráficos 3 al 6.

Es necesario destacar que la utilización del Índice de Producción Industrial (IPI) como variable renta es inadecuada, por motivos teóricos y empíricos. En primer lugar el modelo teórico sugiere que la demanda de llamadas estará en función de la renta disponible de los particulares, mucho más ligada al PIB que al IPI. En segundo lugar, el perfil de evolución temporal del IPI en España es marcadamente diferente de la evolución de la renta y del tráfico telefónico particular, como se ve en los gráficos. Basta recordar que en 1991 el IPI cayó aproximadamente un 1%, mientras que los tráficos telefónicos particulares interurbano, internacional y urbano, aumentaron un 9,64%, un 12,74% y un 6,83% respectivamente.

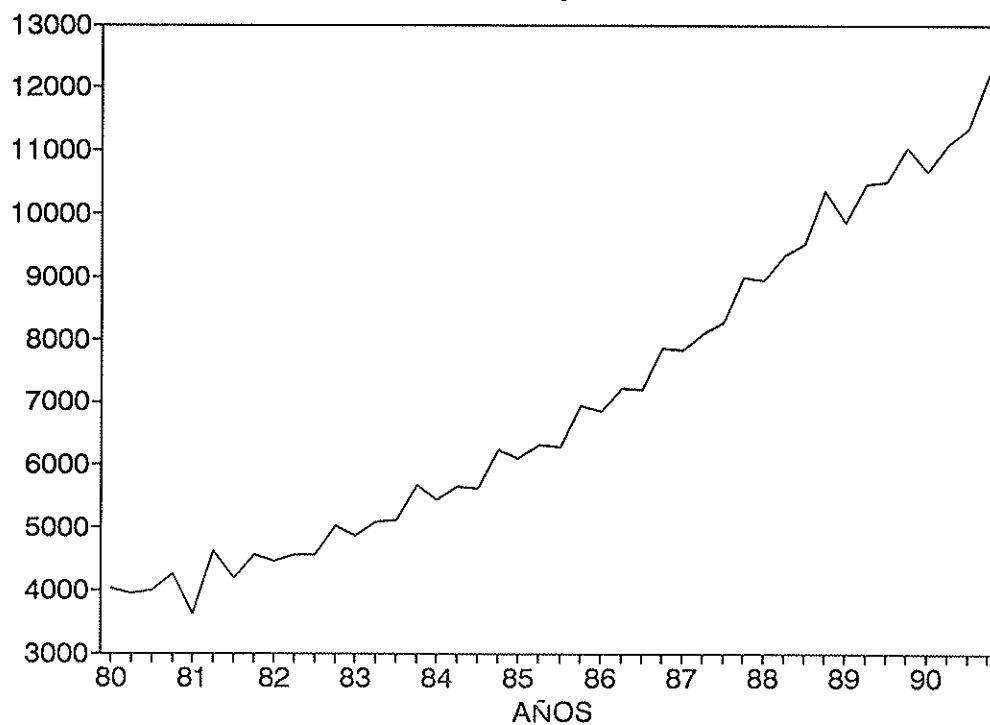
Entre 1980 y 1990 el IPI aumenta en un 20% y el PIB real crece en el período estudiado un 33%, mientras que las tarifas urbanas aumentan un 5%, las interurbanas caen un 27% y las internacionales caen un 25%. Las líneas particulares facturables aumentan un 97% y la población aumenta un 3,6%.

La especificación y diagnosis de modelos econométricos que permitan estimar el efecto individual de cada una de estas variables sobre la demanda de cada tipo de tráfico telefónico constituye el objeto de los siguientes epígrafes.

Habría que señalar que la cantidad de uso a la que se refiere la teoría se mediría por el número de minutos de conversación. Debido a la inexistencia de esta

GRAFICO 1

pasos totales particulares



pasos interurbanos particulares

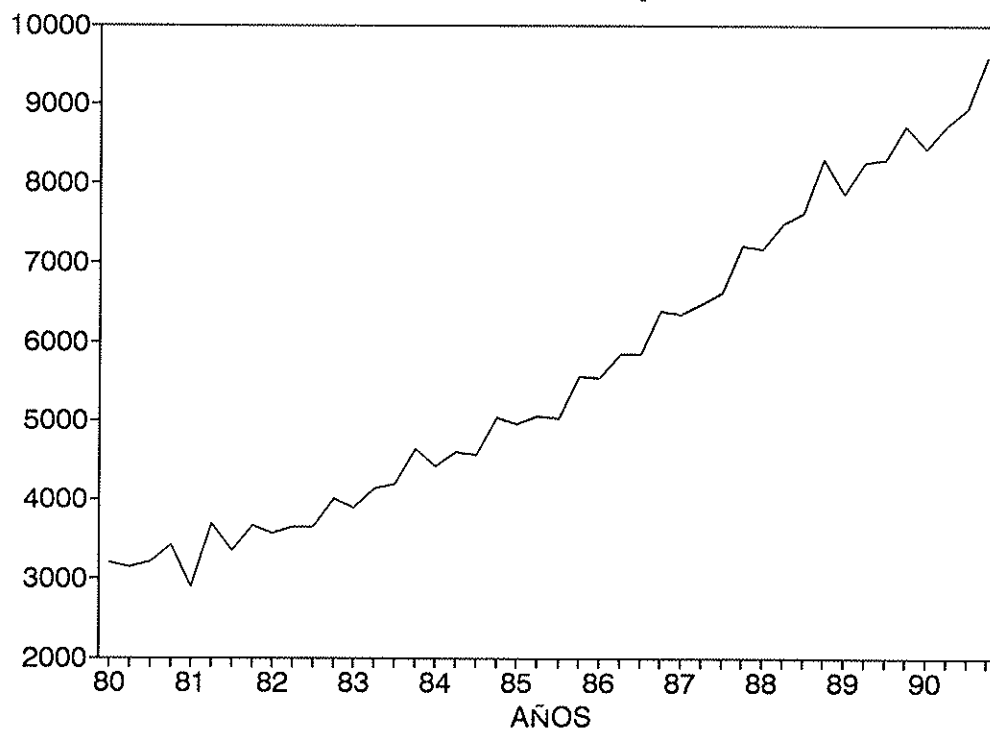
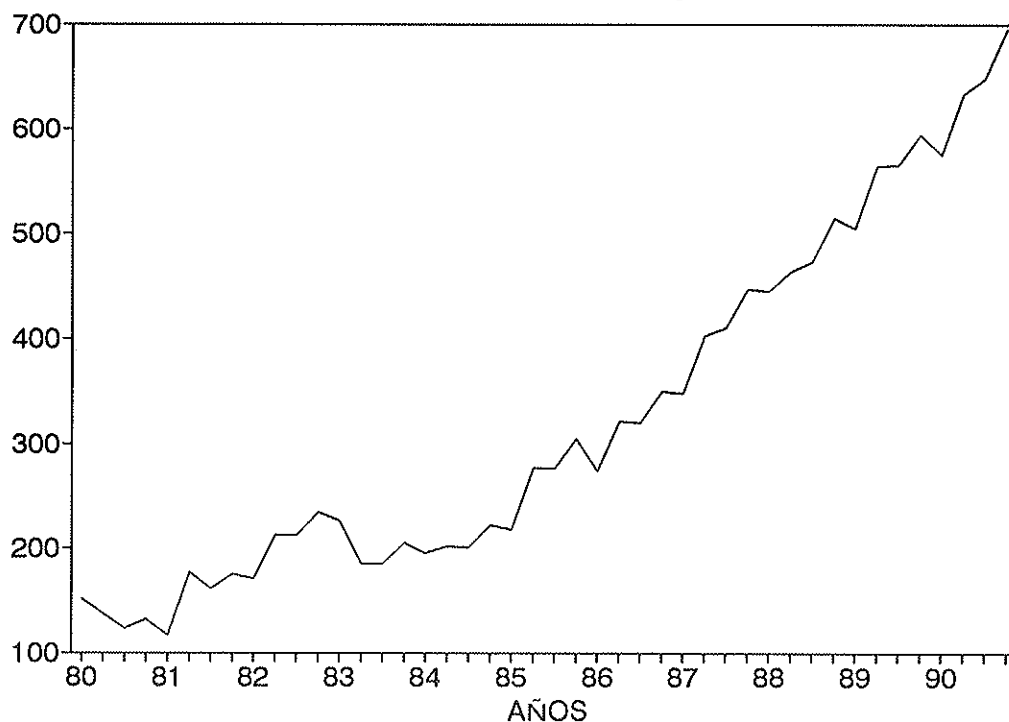


GRAFICO 2

pasos internacionales particulares



pasos urbanos particulares

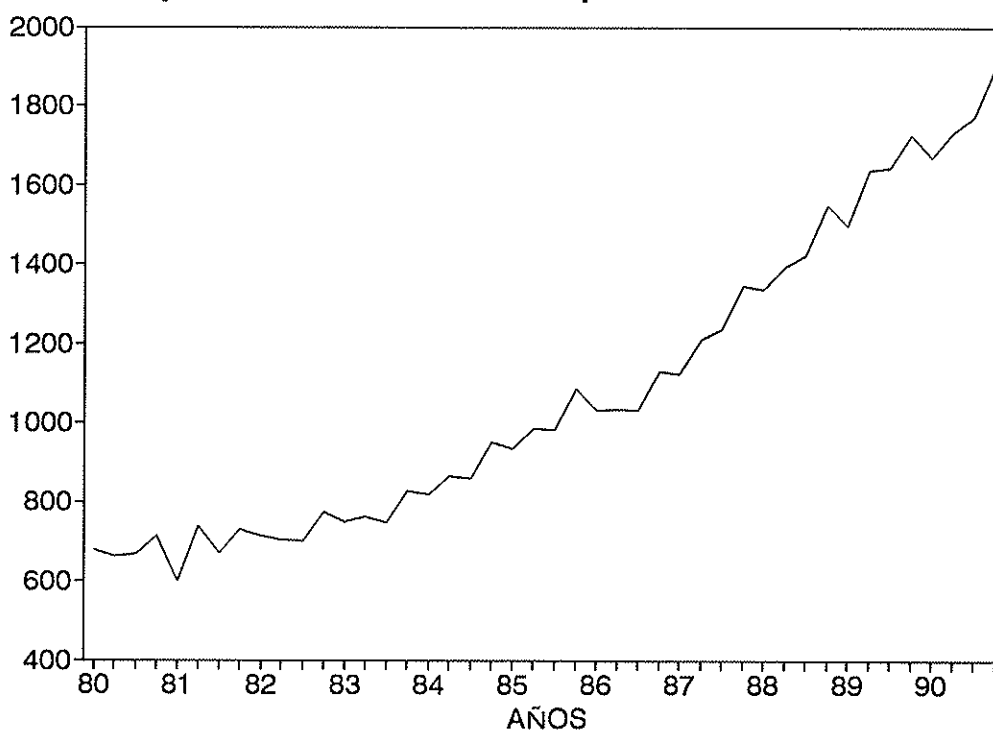
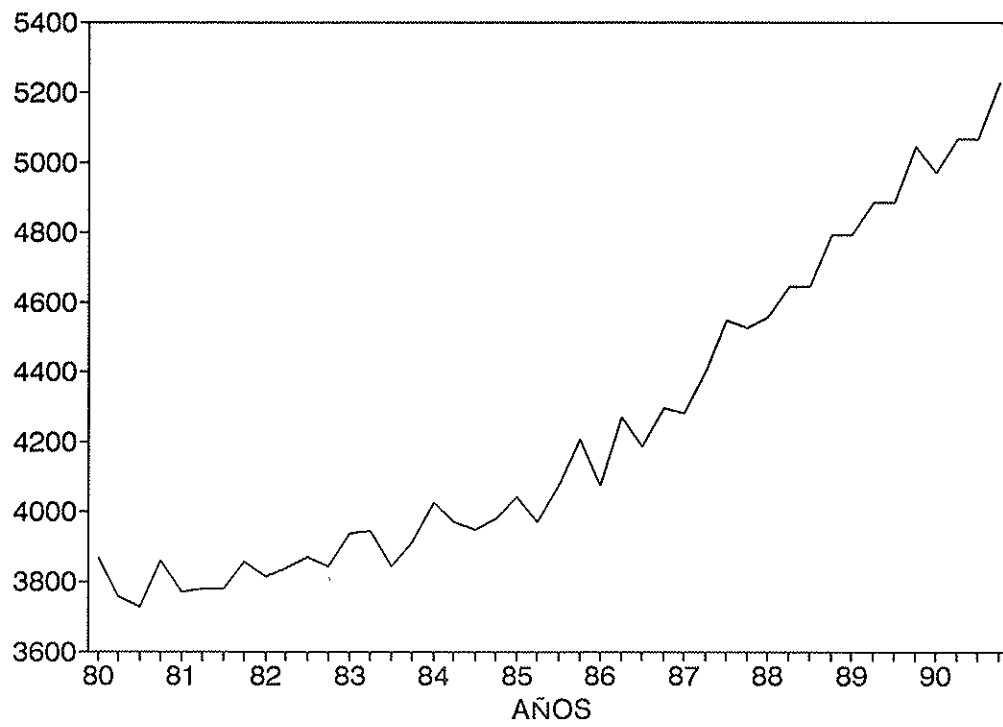


GRAFICO 3

pib



ipi

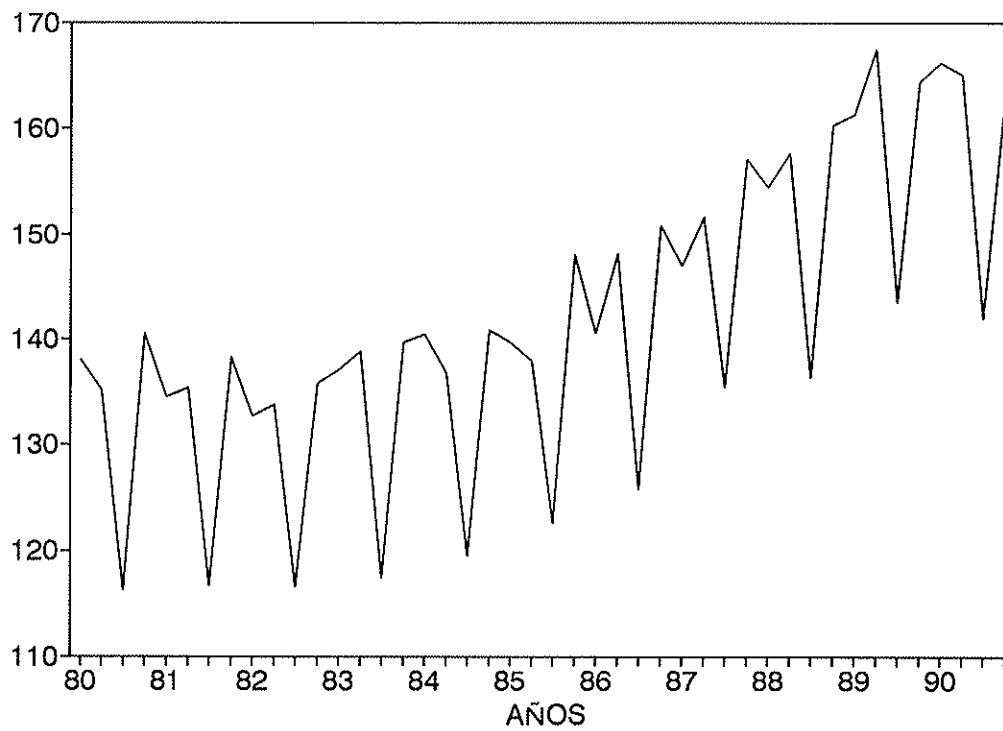
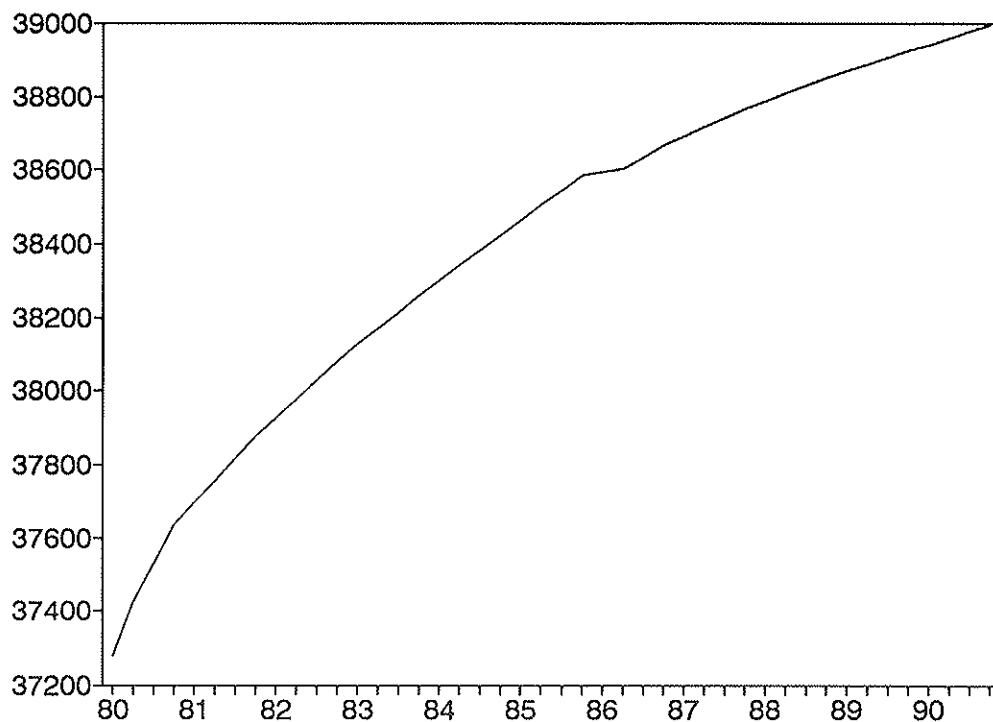
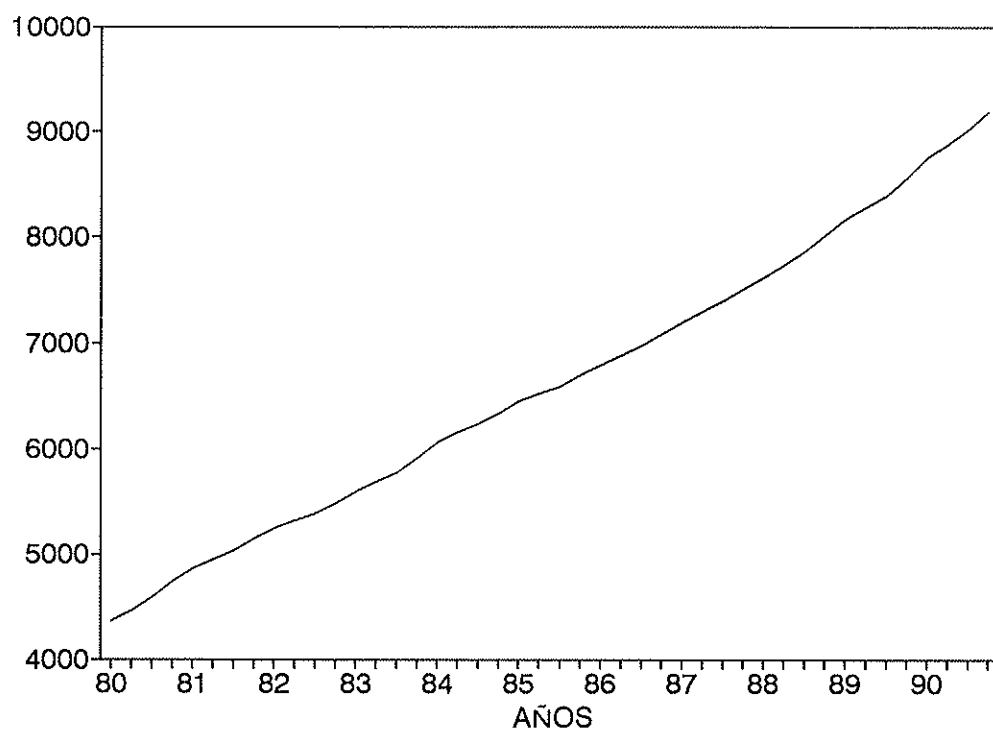


GRAFICO 4

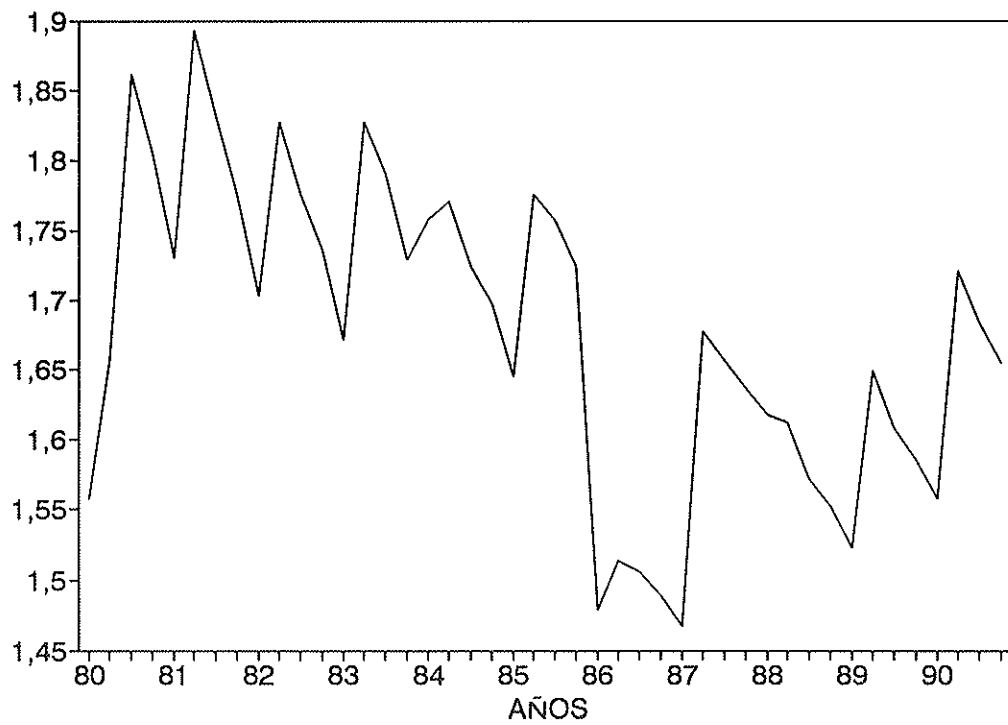
población



LINEAS PARTICULARES FACTURABLES



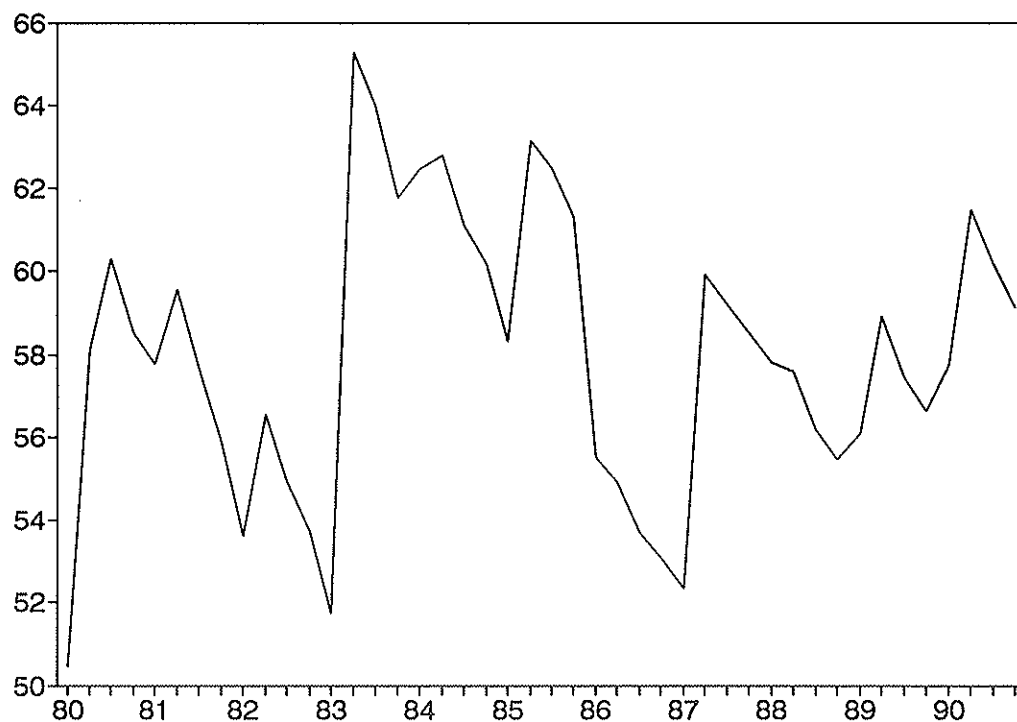
PRECIO PASO REAL CON IMPUESTOS



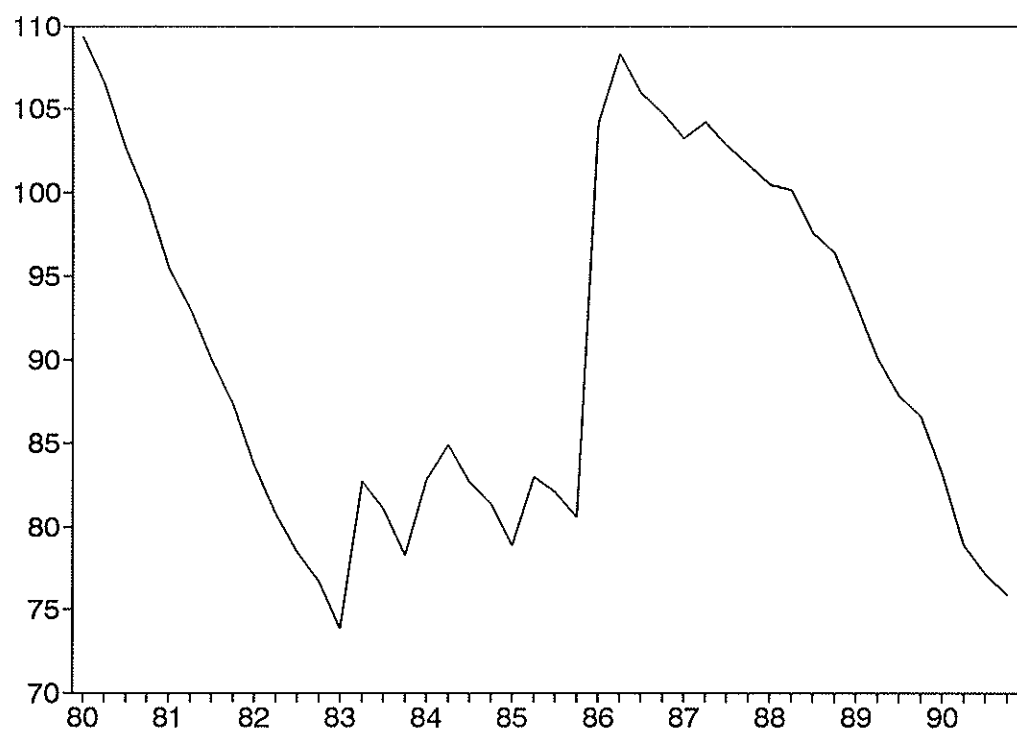
tarifa interurbana real



tarifa urbana real



tarifa internacional real



información para el período considerado es por lo que se ha empleado el número de impulsos homogeneizados como medida de la cantidad de tráfico. Otra solución alternativa hubiese sido el utilizar ingresos, deflactados por el IPC, como variable dependiente. Cuando existen pasos homogeneizados se prefiere esta medida a los ingresos deflactados. Los ingresos deflactados se utilizarán cuando las series de pasos no estén homogeneizadas, pues los ingresos deflactados incorporarían efectos cantidad y efectos precio.

Una vez corregidas las anomalías⁷ de los datos, en especial las del primer y segundo trimestres de 1981, se estimaron las siguientes ecuaciones:

5.- Ecuación de tráfico particular interurbano

Las ecuaciones que se presenta en este epígrafe, así como las que se presentan en los epígrafes siguientes se han especificado partiendo del modelo teórico (3.10), adaptándolo a las disponibilidades de datos españoles y al tipo de tráfico estudiado, tal y como se sugiere en la sección 3. También han influido en la especificación de cada modelo, los trabajos citados en la sección 1. Una discusión más detallada de los mismos se puede encontrar en Garín y Pérez Amaral (1992).

La ecuación de número de impulsos (pasos) homogeneizados interurbanos por línea facturable particular está estimada con datos trimestrales; las variables están expresadas en tasas de crecimiento. Debajo de cada coeficiente estimado se presenta su desviación típica, entre paréntesis.

$\Delta\%$ tráfico interurbano por línea particular_t =

$$\begin{aligned}
 & 0,42 \Delta\% \text{ pib}_t \\
 & \quad (0,17) \\
 & - 0,13 \Delta\% \text{ precio del paso real}_t \\
 & \quad (0,06) \\
 & + 0,72 \Delta\% \text{ tráfico interurbano por línea particular}_{t-4} \\
 & \quad (0,08) \\
 & - 0,43 \text{ mecanismo corrección error}_{t-1} \\
 & \quad (0,11)
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

Período de estimación 1981: II; 1990: IV; 39 observaciones; estimación por mínimos cuadrados ordinarios.

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,83 & F &= 58,8 \\ \hat{\sigma} &= 0,019 & DW &= 2,17 \\ DF &= -5,74; DW &= 2,10 \end{aligned}$$

El primer estadístico DW que se presenta se refiere a la ecuación (5.1), mientras que el segundo es el de la regresión utilizada para computar el estadístico Dickey-Fuller.

Esta ecuación pasa una amplia batería de diagnósticos que se sintetizan en la Tabla 2 del Apéndice⁸.

El mecanismo de corrección del error (mce), serían los residuos de la ecuación de cointegración (de equilibrio a largo plazo), estimada en niveles logarítmicos, que se presenta a continuación⁹:

Tráfico interurbano por línea particular_t = constante

$$\begin{aligned} &+ 1,00 \text{ pib}_t \\ &\quad (0,15) \\ &+ 0,11 \text{ líneas particulares}_t \\ &\quad (0,07) \\ &- 0,36 \text{ precio paso real}_t \\ &\quad (0,09) \end{aligned} \tag{5.2}$$

Período de estimación: 1980: I; 1990: IV; 44 observaciones; estimación por mínimos cuadrados ordinarios.

$$\begin{aligned} R^2 &= 0,95 & F &= 243,5 \\ \hat{\sigma} &= 0,034 & DW &= 1,76 \\ DF &= -6,36; DW &= 1,68 \end{aligned}$$

Sobre el tema de cointegración se puede consultar Engle y Granger (1987), Engle y Yoo (1987), Escribano (1990), y Hylleberg, Engle y Granger (1990).

En la ecuación de cointegración se estima una elasticidad a largo plazo del tráfico telefónico interurbano por línea facturable particular con respecto al pib igual a 1; se estima una elasticidad a las líneas del consumo medio por línea de 0,11 lo cual significa que al aumentar el número de líneas facturables, aumenta el tráfico interurbano por línea. Expresado de otra manera: la elasticidad del tráfico interurbano particular total al número de líneas sería de 1,11.

La elasticidad precio estimada es de -0,36, lo cual sugiere una importante respuesta del tráfico a las tarifas, que indudablemente ha de tomarse en cuenta tanto para las previsiones de tráfico como de ingresos. Estos resultados son compatibles con las predicciones del modelo teórico expuesto en la sección anterior.

La posible existencia de simultaneidad entre el tráfico y su precio queda descartada porque las tarifas telefónicas están reguladas, y su variación obedece a criterios diferentes de la cantidad de tráfico que se registra en un momento del tiempo.

Se ha utilizado como índice de precios el índice del precio del paso deflactado por el IPC. El índice de precios del servicio interurbano de Telefónica (1988b) no ha resultado significativo en ninguna de las especificaciones utilizadas.

La modelización rigurosa de la demanda de tráfico interurbano requeriría el uso de una base de datos más rica que la utilizada en este trabajo. Sería necesario desagregar, al menos entre corta, media y larga distancia, contando con observaciones a nivel individual, y utilizando modelos específicos para tráfico interurbano, por ejemplo Appelbe et al. (1988), Cameron y White (1990) y Larson et al. (1990). Sería importante contar con datos de minutos de conversación y número de llamadas en vez de impulsos, y habría que elaborar índices de precios para las diferentes distancias consideradas.

En este trabajo, por limitaciones de los datos, no se han podido utilizar formas funcionales más flexibles, como la trascendental logarítmica o la de Fourier, que

permitirían la estimación consistente de las elasticidades incluso desconociendo la forma funcional; véase a este respecto Elbadawy et al. (1983).

6.- Ecuación de tráfico particular internacional

La siguiente ecuación de tráfico total internacional está estimada con datos trimestrales y las variables están expresadas en tasas de crecimiento.

$$\begin{aligned}
 \Delta\% \text{ tráfico internacional particular}_t &= 0,035 \\
 &\quad (0,008) \\
 &+ 0,29 \quad \Delta\% (\text{exportaciones} + \text{importaciones})_t \\
 &\quad (0,07) \\
 &+ 0,09 \quad \Delta\% \text{ pagos por turismo}_t \\
 &\quad (0,03) \\
 &+ 0,23 \quad \Delta\% \text{ tráfico internacional particular}_{t-4} \\
 &\quad (0,11) \\
 &- 0,25 \quad \text{mecanismo corrección del error}_{t-1} \\
 &\quad (0,12) \\
 &- 0,31 \quad \text{ficticia 83:II} \\
 &\quad (0,05)
 \end{aligned}
 \tag{6.1}$$

Período de estimación 1981: II; 1990: IV; 39 observaciones; estimación por mínimos cuadrados ordinarios.

$$\begin{aligned}
 R^2 &= 0,73 & F &= 17,8 \\
 \hat{\sigma} &= 0,046 & DW &= 2,22 \\
 DF &= -6,86; DW &= 1,97
 \end{aligned}$$

Esta ecuación pasa una batería de contrastes similar a la de la ecuación (5.1), que no se incluye por razones de espacio¹⁰.

El término del mecanismo de corrección del error (mce) consiste en los residuos de la ecuación de cointegración, de equilibrio a largo plazo, estimada en niveles logarítmicos, que se presenta a continuación.

Tráfico internacional particular_t = constante

$$\begin{aligned}
 &+2,46 \text{ pib}_t \\
 &\quad (0,30) \\
 &+1,23 \text{ líneas particulares}_t \\
 &\quad (0,15) \\
 &-0,42 \text{ precio paso real}_t \\
 &\quad (0,19) \\
 &+0,26 \text{ ficticia } 82.II - 83.I \quad (6.2) \\
 &\quad (0,05)
 \end{aligned}$$

Período de estimación 1980: I - 1990: IV; 44 observaciones; estimación por mínimos cuadrados ordinarios.

$$\begin{aligned}
 R^2 &= 0,98 & F &= 560 \\
 \hat{\sigma} &= 0,07 & DW &= 1,29 \\
 DF &= -4,57; & DW &= 2,04
 \end{aligned}$$

En la ecuación de cointegración se estima una elasticidad a largo plazo del tráfico telefónico particular internacional al PIB de 2,46; una elasticidad a las líneas particulares facturables de 1,23 y una elasticidad precio de -0,42.

Estos resultados sugieren que el tráfico telefónico internacional es un servicio de lujo para los particulares, y que reducciones de las tarifas tendrán un efecto importante de aumento del volumen de tráfico.

Cabría destacar que la demanda de tráfico telefónico internacional merece un análisis más detallado del que se le puede dedicar en este trabajo. Su dinamismo reciente,

su rentabilidad, y la competencia futura así lo justifican. Además no hay que olvidar que la realización de tráfico telefónico a países con diferentes idiomas, relaciones económicas, distancias y ventanas horarias de comunicación requerirían realizar estudios desagregados por países en los que se permitiese que las elasticidades precio variasen (y quizá aumentasen) con las tarifas.

La necesidad de saldar cuentas con otros países obliga, en general, a las compañías operadoras a registrar estadísticas de tráfico internacional más detalladas que de otros tipos de tráfico (número de minutos y número de llamadas desde cada provincia a distintos grupos de destinos), lo cual suele permitir su estudio más detallado. El análisis de datos de ese tipo permitiría diferenciar el efecto que tienen las variaciones de tarifas internacionales sobre el número de llamadas y sobre el número medio de minutos de conversación, efectos que en otros países han resultado ser muy diferentes entre sí.

7.- Ecuación de tráfico particular urbano.

La ecuación de demanda de tráfico particular urbano utiliza como variable dependiente el número total de pasos homogeneizados (impulsos) urbanos; está estimada con datos trimestrales y las variables están expresadas en tasas de crecimiento.

$$\Delta\% \text{ tráfico urbano particular}_t =$$

$$\begin{aligned} & 0,64 \text{ polinomio } \Delta \text{ PIB} \\ & \quad (0,21) \\ & +0,71 \Delta\% \text{ tráfico urbano particular}_{t-4} \\ & \quad (0,08) \\ & -0,37 \text{ mce}_{t-1} \end{aligned} \quad (7.1)$$

La variable polinomio ΔPIB es la tasa de incremento del PIB corriente más la mitad de la tasa de incremento del PIB retrasada un trimestre.

Período de estimación 1981: II; 1990: IV; 39 observaciones; estimación por mínimos cuadrados ordinarios.

$$\begin{aligned}
 R^2 &= 0,79 & F &= 69,3 \\
 \hat{\sigma} &= 0,02 & DW &= 1,81 \\
 DF &= -5,05; DW &= 1,88
 \end{aligned}$$

Esta ecuación pasa una batería de contrastes similar a la que se muestra en la Tabla 2 del Apéndice. Los resultados son análogos y se omiten.

El mecanismo de corrección del error son los residuos de la ecuación de cointegración, esto es, de equilibrio a largo plazo, estimada en niveles logarítmicos, que se presentan a continuación.

Tráfico urbano particular_t = constante

$$\begin{aligned}
 &+1,90 \text{ pib}_t \\
 &\quad (0,17) \\
 &+0,66 \text{ líneas particulares}_t \\
 &\quad (0,08) \\
 &-0,15 \text{ precio paso real}_t \\
 &\quad (0,10)
 \end{aligned} \tag{7.2}$$

Período de estimación 1980: I - 1990: IV; 44 observaciones; estimación por mínimos cuadrados ordinarios.

$$\begin{aligned}
 R^2 &= 0,99 & F &= 1032 \\
 \hat{\sigma} &= 0,04 & DW &= 1,44 \\
 DF &= -4,68; DW &= 2,17
 \end{aligned}$$

En la ecuación de cointegración se estima una elasticidad a largo plazo del tráfico telefónico particular urbano al pib de 1,9; una elasticidad a las líneas particulares facturables de 0,66 y una elasticidad precio de -0,15.

La elasticidad-pib estimada, que puede parecer elevada, es compatible con el aumento de tráfico urbano correspondiente al caso de "parque constante" (véase Curien y Gensollen (1989)). Esto es, el aumento del tráfico urbano de los "abonados antiguos". Estos

abonados antiguos consideran el uso telefónico local como un bien normal, que sustituye con ventaja a los desplazamientos y gestiones personales, en especial en las ciudades, donde la congestión de otros medios de comunicación se ha acentuado. También reflejaría el aumento de posibilidades de hacer gestiones y compras telefónicas producido en la última década¹¹.

La elasticidad del tráfico particular urbano al número de líneas particulares de un 0,66 puede reflejar el efecto "nuevo abonado"; este efecto, que se ha detectado y estudiado en otros países (Curien y Gensollen (1989)), consiste en que los nuevos abonados tardan un período (en Francia entre tres y cinco años) para situarse al nivel de consumo por línea de los abonados más antiguos. Esto se puede deber básicamente a dos motivos:

1. Los nuevos abonados necesitan un período de adaptación para habituarse al uso del teléfono.
2. Los nuevos abonados tienen, como media, una renta inferior a la de los antiguos (Artle y Averous (1973)), y, además, acaban de pagar la cuota de conexión, con lo cual tenderán a demandar menos tráfico, en media, que los antiguos.

La elasticidad-precio estimada, aunque pequeña, sugiere que el uso local del teléfono responde ligeramente a su precio. Este hecho es consistente con la observación de que la tarifa constituye sólo una pequeña parte del coste total del uso local del teléfono; siendo mucho más importante en el coste total, el coste de oportunidad¹² del tiempo empleado en hablar por teléfono, que no varía al variar las tarifas de uso local.

Además, el coste total de los métodos de comunicación alternativos, tales como desplazamientos, suele ser bastante superior al coste total de la llamada telefónica, por lo que variaciones de la tarifa local no supondrán, en general, sustitución de llamadas por otra forma de comunicación.

El estudio detallado de las hipótesis discutidas en este epígrafe requeriría contar con información más rica que la contenida en las series temporales de las que se

dispone¹³. Sería conveniente contar con un panel de datos individuales, similar a los que se utilizan en la mayoría de los países desarrollados.

8.- Los resultados en perspectiva

En la Tabla 1 se muestran las elasticidades renta y precio a largo plazo obtenidas en este estudio, junto con las obtenidas en estudios previos realizadas para otros países.

Centrándonos primeramente en las elasticidades precio de las ecuaciones españolas, filas 1, 2 y 3, se observa que siguen el patrón que la teoría sugiere, siendo crecientes en valor absoluto con la distancia, o dicho de otra manera, la sensibilidad de la demanda al precio aumenta al crecer la tarifa.

Esto también es compatible con el coste de oportunidad de uso del tiempo, que representa una proporción mayor del coste total de la llamada urbana que de las llamadas interurbanas o internacionales.

Las elasticidades renta para las diferentes ecuaciones también crecen con la distancia, a excepción de la del tráfico urbano. Este resultado sugiere que habría que acometer estudios a nivel más desagregado para poder confirmar o mejorar este resultado.

La comparación de los resultados de este estudio con los de otros trabajos extranjeros no resulta trivial. Ello se debe a que diferentes estudios utilizan diferentes definiciones de la variable dependiente (minutos de conversación, ingresos deflactados, número de llamadas, impulsos, etc.), así como diferentes aproximaciones para la renta y tarifas. Además, se utilizan diferentes tipos de datos (sincrónicos, series temporales, panel), y se refieren a diferentes países y períodos de tiempo.

En la Tabla 1 también se muestran las estimaciones obtenidas en una selección de estudios extranjeros. Como se observa en la misma, las elasticidades renta obtenidas en este estudio son del mismo orden de magnitud que las obtenidas en estudios extranjeros. Análogamente, con respecto a las elasticidades precio a largo plazo, se observa cómo las

TABLA 1

Elasticidades a largo plazo de los tráficos telefónicos
según distancias comparados con estimaciones para otros países

Tipos de Tráfico	Elasticidades a largo	
	RENTA	PRECIO
1. Tráfico particular internacional (Ec. 6.2)	2,46 (0,30)	- 0,42 (0,19)
2. Tráfico particular interurbano (Ec. 5.2)	1,00 (0,15)	- 0,36 (0,09)
3. Tráfico particular urbano (Ec. 7.2)	1,90 (0,17)	- 0,15 (0,10)
Tráfico internacional (particular + comercial)		
4. Schultz y Triantis (1982)	1,99 a 3,12	- 0,42
5. Appelbe et al. (1989)	0,61 a 0,74	- 0,43 a - 0,49
Tráfico interurbano (particular)		
6. de Fontenay y Lee (1983)	2,23	- 1,60
7. Rash (1972)	1,03	- 0,94
Tráfico urbano (particular + comercial)		
8. Waverman (1974)	1,25	- 0,38
9. Train et al. (1987)	NE	- 0,38

Fuentes: Elaboración propia y artículos citados.

Notas: desviaciones típicas estimadas entre paréntesis. NE significa no estimado. 1, 2 y 3, son resultados obtenidos en este trabajo, para España. 4, 6 y 9, resultados para Estados Unidos. 5 y 7 para Canadá. 8 para Suecia.

elasticidades del tráfico internacional son similares a las obtenidas para el caso español, mientras que las elasticidades de los tráficos interurbano y urbano son más elevadas que las españolas, que están más en línea con las predicciones de la teoría. Se puede consultar Garín y Pérez Amaral (1992) para un análisis más detallado de estos trabajos y sus resultados.

Cabría señalar que los trabajos referidos no utilizan las técnicas de cointegración, que resultan especialmente apropiadas para el estudio de relaciones a largo plazo, que son las que se recogen en esta Tabla.

Los temas futuros de estudio y algunas sugerencias metodológicas para abordarlos han sido ya apuntados en las secciones anteriores. Sintéticamente cabría destacar los siguientes puntos:

Con respecto a los temas de estudio futuros cabría destacar la demanda de tráfico comercial, desagregando por tipos de tráfico, la demanda de tráfico internacional desagregando por distancias de las llamadas y tipos de clientes, la demanda de conexiones y tráfico de telefonía móvil, y, en general, las demandas de nuevos servicios.

Con respecto a las sugerencias metodológicas para llevar a cabo estos estudios cabría destacar las siguientes:

1. Utilizar observaciones más desagregadas; a ser posible, datos de panel a nivel individual. Para tener mayor variabilidad de la variable dependiente y de las explicativas.
2. Utilizar información sobre minutos de conversación y número de llamadas para cada servicio estudiado. Ello nos permitiría tener información sobre la variable dependiente que resulte más acorde con la teoría.
3. Contar con índices de precios más desagregados para poder determinar con mayor precisión las elasticidades precio.

4. Utilizar modelos teóricos específicos para la demanda de telecomunicaciones, así como formas funcionales flexibles; esto será especialmente útil en los modelos de tráfico interurbano e internacional.

9.- Conclusiones

En este estudio se ha partido de un modelo teórico de la demanda de tráfico telefónico particular. Este modelo se ha elaborado en base a los desarrollos realizados por investigadores norteamericanos en los años setenta y ochenta.

Utilizando datos mensuales españoles, que se han agregado a nivel trimestral, se han especificado ecuaciones de tráfico particular interurbano, internacional y urbano para el período 1980: I; 1990: IV.

El uso del índice de producción industrial (IPI) como variable que aproxime la renta se descarta tanto por motivos teóricos como empíricos, y se elige en su lugar el Producto Interior Bruto (PIB).

Con respecto a los precios de los servicios telefónicos, se utiliza un índice de elaboración propia, que ha resultado ser más satisfactorio que otros disponibles.

Las ecuaciones se han estimado utilizando las técnicas recientes de cointegración. Las ecuaciones han sido sometidas a una amplia batería de contrastes diagnósticos para comprobar la adecuación de los supuestos en los que se basa su estimación, y la utilidad de la inferencia y predicción basadas en sus resultados.

Aunque cada una de estas funciones de demanda requeriría un amplio estudio específico, las conclusiones provisionales que se obtienen en cuanto a elasticidades renta y precio son las siguientes:

- Las elasticidades precio de las demandas de tráfico crecen con la distancia de la llamada (con la tarifa), aunque son inferiores a la unidad en valor absoluto. Son -0,15 para el tráfico urbano, -0,36 para el tráfico interurbano, y -0,42 para el tráfico internacional.

- Las elasticidades renta son altas, variando entre 2,46 para el tráfico internacional, 1,0 para el tráfico interurbano y 1,90 para el tráfico urbano.

Estas ecuaciones pueden servir de base tanto para el análisis de las propuestas de modificaciones de tarifas como para realizar previsiones de tráfico e ingresos a medio plazo.

El estudio de la demanda de telecomunicaciones en España es un campo muy prometedor, tanto a nivel teórico como empírico.

NOTAS

1. La demanda de tráfico local (urbano) ha sido estudiada en Taylor (1980), Infosino (1980), Brandon (1981), Park, Wetzel y Mitchell (1983), Park, Wetzel, Mitchell y Alleman (1983), Kling y Van Der Ploeg (1990) y Atherton, Ben-Akiva, McFadden y Train (1990), entre otros.

La demanda de tráfico que podríamos considerar interurbano ha sido estudiada en Dobell, Taylor Waverman, Liu y Copeland (1972), Betteridge (1973), Waverman (1974), Pousette (1976), Appelbe, Snihur, Dineen, Farnes y Giordano (1988), Larson, Lehman y Weisman (1990) y Cameron y White (1990).

La demanda de tráfico internacional ha sido estudiada entre otros por Lago (1970), Yatrakis (1972), Khadem (1973), Craver (1976), Rea y Lage (1978), Taylor (1980), Schultz y Triantis (1983), Bewley y Fiebig (1988), Appelbe et al (1988) y Curien y Gensollen (1989).

2. La fórmula de Erlang es
$$E = \frac{A(1-p)}{n}$$

E: tráfico en erlangs atendido por una línea que pertenece a un grupo de n líneas.

n: número de líneas del grupo.

A: tráfico intentado a través de los equipos.

p: tasa de pérdida; probabilidad de que un intento de llamada bien de salida o de entrada encuentre las n líneas ocupadas.

Usando esta fórmula se puede obtener el número de líneas necesario para atender a un volumen de tráfico dado, con una tasa de pérdidas prefijada.

3. En la literatura también se han considerado las externalidades negativas debidas a la congestión, aunque estarían más ligadas al volumen de tráfico telefónico más que al número de líneas del sistema.

4. Si consideramos la existencia de una cuota de conexión, podríamos aproximar su efecto añadiendo en (3.8) una proporción de la misma a r.

5. Al hacer este supuesto estamos soslayando los problemas no triviales que plantea la agregación. Véase Deaton y Muellbauer (1980) y Blackorby et al. (1978).

6. Los pasos homogeneizados o impulsos homogeneizados son el número de pasos que en cada mes de la muestra se hubieran facturado a la tarifa de 1990. La homogeneización se lleva a cabo en el Departamento de Marketing y Previsión de Demanda de Telefónica, y trata de hacer comparables las cantidades de pasos.

7. Las anomalías detectadas en cada serie han sido corregidas previamente a la modelización. En las series de tráfico Telefónico se han encontrado anomalías coincidentes con el intento de golpe de estado de 1981 y con la voladura de la Central de Rios Rosas en 1984. Como se disponía de datos mensuales, los totales trimestrales se han reelaborado, partiendo de las interpolaciones de los datos mensuales obtenidos como media de los datos del mismo mes de los años anterior y posterior.

8. Se ha renunciado a especificar las ecuaciones en términos per cápita debido a la reciente controversia suscitada en torno a los censos del INE. La variable población ha resultado no significativa en las diferentes especificaciones.

9. El análisis del grado de integrabilidad, contrastes de raíces unitarias y especificación de modelos univariantes de las diferentes series ha sido realizado fundamentalmente por Francisco Alvarez, Gema de Cabo y Bernardo Moreno. Se ha elegido el método de estimación en dos etapas de Engle y Grange (1987), frente al método de estimación en una sola etapa, por obtenerse resultados más satisfactorios en el primer caso.

10. Los residuos de esta ecuación presentan evidencia de no - normalidad.

11. Esto también puede deberse a que los datos sobre tráfico interurbano y urbano se recogen de forma agregada, procediéndose posteriormente a su desagregación, "repartiendo" el total de pasos entre los dos tipos de tráfico.

12. Véase Squire (1974) y Beauvais (1977).

13. Sería útil disponer de datos de número de llamadas y tiempo medio de cada llamada y estudiar el efecto de cambios en el precio sobre el número de llamadas y su duración.

Referencias

- Alleman, J.H. (1977):** "The Pricing of Local Telephone Service", U.S. Department of Commerce, Office of Telecommunications, OT 77-14, Abril.
- Antonelli, C (1990):** "Information Technology and the Derived Demand for Telecommunications Services in the Manufacturing Industry", Information Economics and Policy 4 (1989-1990) 44-45. North Holland.
- Appelbe, Snihur, Dineen, Farnes y Giordano (1988):** "Point-to- Point Modelling: An Application to Canada-USA long distance calling", Information Economics and Policy, Vol 3, nº 4.
- Artle A. y C. Averous (1973):** "The Telephone System as a Public Good: Static and Dynamic Aspects". Bell Journal of Economics and Management Science, vol.4, n 1.
- Atherton, Ben-Akiva, Mc Fadden y Train (1990)** "Micro-simulation of Local Residential Telephone Demand under Alternative Service Options and Rate Structures", en de Fontenay, Shugard y Sibley, eds. Telecommunications Demand Modelling, North Holland.
- Bader, D. (1986):** " Teoría de la Demanda Telefónica y Análisis Econométrico en las Telecomunicaciones", en Comunicaciones y Desarrollo, Fundesco.
- Banco de España (1991):** Boletín Estadístico.
- Barroso Gallego, F. (1985):** "Sistema Integrado de Previsión de la Demanda de Servicios de Telecomunicación", Revista T, nº 7.
- Beauvais, E.C. (1977):** "The Demand for Residential Telephone Service under Non-Metered Tariffs: Implications for Alternative Pricing Policies". Presentado en Western Economic Association Meetings, Anaheim, California, junio.
- Betteridge, W.W. (1973):** "Description of Interstate Message Telecommunications Demand Model- Suplement", FCC Docket 19129, 2º fase, noviembre.
- Bewley R. y D.G. Fiebig (1988):** "Estimation of Price Elasticities for an International Telephone Demand Model", The Journal of Industrial Economics, junio.
- Bhattacharya, M.N. (1974):** "Forecasting the Demand for Telephones in Australia", Applied Statistics 23, 1: 1-10.
- Blackorby, Primont y R. Rusell (1978):** Duality, Separability and Functional Structure: Theory and Economic Applications, North Holland.
- Brandon, B. (1981):** The effects of the demographics of individual households on their telephone usage, Ballinger Publishing Company.

- Cameron, T. y White, K.J. (1990):** "Generalized Gamma Family Regression Models for Long Distance Telephone Call Durations" en de Fontenay, Shugard y Sibley editores" Telecommunications Demand Modelling, North Holland.
- Courville, de Fontenay y Dobell (1983):** Economic Analysis of Telecommunications, North Holland.
- Craver, R.F. (1976):** "A Demand Analysis Study of Telecommunications between Canada and the United States", no publicado, AT&T-Long Lines Overseas Economic Research, Septiembre.
- Craver, R.F. (1976):** "An Estimate of the Price Elasticity of Demand for International Telecommunications", *Telecommunications Journal* 43, (noviembre): 671-675.
- Curien, N. (1987):** "L'accès et l'usage téléphoniques: Modélisation Conjointe et Tarification Optimale", *Revue Economique* vol 38, 2 (marzo): 415-458.
- Curien, N. y M. Gensollen (1987):** "Les Théories de la Demande de Raccordement Téléphonique". *Revue Economique*, 2 (marzo de 1987): 203-255.
- Curien, N y E. Vilmin (1983):** "Telephone Demand and Usage: A Global Residential Model" en Courville, de Fontenay y Dobell eds. Economic Analysis of Telecommunications, North Holland.
- Curien, N., M. Gensollen y E. Vilmin (1981):** "Prévision de la Demande Téléphonique: Besoins, Instruments, Procédures". *Bulletin RCB*, número 44, (marzo).
- Curien, N. y M. Gensollen (1989):** Prévision de la Demande de Télécommunications: Méthodes et modèles, Paris, ed. Eyrolles.
- Davis, B.E., J. Caccappolo y M.A. Chaudry (1973):** "An Econometric Planning Model for American Telephone and Telegraph Company", *Bell Journal of Economics and Management Science* 4 (Primavera): 29-56.
- Deaton, A. y J. Muellbauer (1980):** Economics and consumer behavior, Cambridge University Press.
- Deschamps, P.J. (1974):** " The Demand for Telephone Calls in Belgium, 1961-1969", presentado en Birmingham International Conference in Telecommunications Economics, Birmingham, Inglaterra, mayo.
- Dickey y Fuller (1979):** "Distribution of the Estimators for autoregressive Time Series with a Unit Root" *JASA*, Vol. 74, n° 366.
- Dobell, A.R. Taylor, Waverman, Liu y Copeland (1972):** "Telephone Communications in Canada: Demand, Production and Investment Decisions", *Bell Journal of Economics and Management Science*, 3 (Primavera): 175-219.

- Dunn, D.M., W.H. Williams y W.A. Spivey (1971):** "Analysis and Prediction of Telephone Demand in Local Geographical Areas", *Bell Journal of Economics and Management Science* 2 (Otoño): 561-576.
- de Fontenay, A. y J.T. Marshall Lee (1983):** "B.C./Alberta Long Distance Calling", en Economic Analysis of Telecommunications, Courville, de Fontenay y Dobell eds. North Holland.
- de Fontenay, Shugard y Sibley (1990):** Telecommunications Demand Modelling, North Holland.
- Elbadawy, Gallant y Souza (1983):** "An elasticity can be estimated consistently without a priori knowledge of functional form" *Econometrica* 51, N° 6.
- Engle, R. y C. Granger (1987):** "Co-integration and Error Correction: representation, estimation and testing", *Econometrica*, vol. 55, n° 2.
- Engle, R. y Yoo, S.B. (1987):** "Forecasting and Testing in Cointegrated Systems", *Journal of Econometrics*.
- Escribano, A. (1990):** "Introducción al tema de cointegración y tendencias", *Cuadernos Económicos del ICE*, n° 44.
- Feldman, J. (1976):** "A Preliminary Cross Sectional Analysis of Services", no publicado, AT&T, febrero.
- Garbe, y K. Lange (1990):** "People and Technology: ways and practices of Technology management", presentado en el 2º Congreso Europeo de Evaluación Tecnológica, de Milán.
- Garín, T. y Pérez Amaral (1992):** "Demanda de tráfico telefónico en España: modelos teóricos y empíricos y análisis descriptivo de los datos provinciales españoles 1985-1989" Instituto de Estudios del Transporte y las Comunicaciones.
- Godfrey, L.G. (1988):** Misspecification Tests in Econometrics Econometric Society Monographs N° 16.
- Hazlewood, A (1951):** "Optimum Pricing as Applied to Telephone Service", *The Review of Economics Studies*, n° 18 (1951).
- Hernández Navarro, F. (1987):** "Un Estudio Econométrico de la Demanda de Líneas Telefónicas en el Mercado no Residencial", no publicado. Se recoge en *Telefónica de España* (1988a).
- Hylleberg, S., R. Engle y C. Granger (1990):** "Seasonal integration and cointegration" *Journal of Econometrics* 44.
- INE (1990):** "Boletín de Estadística" n° 485, Sept-Oct, Instituto Nacional de Estadística.

- INE (1991):** "Contabilidad Regional de España (1985-1988)". Instituto Nacional de Estadística.
- Infosino, W.J. (1980):** "Relationships between the Demand for Local Telephone Calls and Household Characteristics", *The Bell System Technical Journal*, vol. 59, nº 6.
- Khadem, R. (1973):** "An Econometric Study of the Demand for TransCanada Long Distance Telephone Service", Bell Canada, Ontario, Julio.
- Khadem, R. (1976):** "An Econometric Forecasting Model of the Demand for International Voice Telecommunications from Canada", *Teleglobe Canada*, Montreal, Octubre.
- Kling, J.P. y S.S. Van Der Ploeg (1990):** "Estimating Local Calls Elasticities with a Model of Stochastic Class of Service and Usage Choice", en Telecommunications Demand Modelling, de Fontenay, Shugard y Sibley eds., North Holland.
- Lago, A.M. (1970):** "Demand Forecasting Models of International Telecommunications and their Policy Implications", *Journal of Industrial Economics*, nº 19 (noviembre).
- Larsen, W.A. y S.J. McCleary (1970):** "Exploratory Attempts to Model Point to Point Cross- Sectional Interstate Telephone Demand", *Memoria de Bell Laboratories*, Julio.
- Larson, A.C., D.E. Lehman y D.L. Weisman (1990):** "A General Theory of Point to Point Long Distance Demand", en de Fontenay, Shugard y Sibley eds. Telecommunications Demand Modelling, North Holland.
- Littlechild, S. (1975):** "Two Part Tariffs and Consumption Externalities", *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 5.
- López García, A. (1987):** "Un Estudio Económico de la Demanda Telefónica del Sector Residencial", no publicado. Se recoge en *Telefónica (1988)*.
- Martín Guzmán, P. (1985):** "Modelos Económicos de Demanda de Líneas Telefónicas", Departamento de Estudios Económicos, Telefónica.
- Mauleón Torres, I. (1989):** "La demanda de dinero y los objetivos de ALP", Instituto de Estudios Fiscales.
- Mauleón Torres, I. (1991):** "La Demanda de Teléfonos en España", *Investigaciones Económicas (Segunda Epoca)*, vol XV, nº 2.
- Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones (1990):** "Informe Anual (1989): Los Transportes, el Turismo y las Comunicaciones".
- Mitchell, B. (1978):** "Optimal Pricing of Local Telephone Service", *American Economic Review* 68.

- Park R.E., B. Wetzel y B. Mitchell (1983):** "Price Elasticities for Local Telephone Calls", *Econometrica*, vol. 51, n° 6.
- Park R.E., B. Wetzel, B. Mitchell y J.H. Alleman (1983):** "Charging for Local Telephone Calls", *Journal of Econometrics* 22.
- Park R.E. y B. Mitchell (1989):** "Local Telephone Pricing and Universal Telephone Service", RAND, Junio.
- Perl, L.J. (1978):** "Economic and Demographic Determinants of Residential Demand for Basic Telephone Service", National Economic Research Associates, Inc. marzo.
- Pousette, T. (1976):** "The Demand for Telephones and Telephone Services in Sweden", presentado en European Meetings of the Econometric Society, Helsinki, Finlandia, Agosto.
- Rash, I.M. (1971):** "An Econometric Model of Demand for Residence Main Telephone Service", documento de trabajo de Bell Canada. Septiembre.
- Rea, J.D. y G.M. Lage (1978):** "Estimates of Demand Elasticities for International Telecommunications Services", *Journal of Industrial Economics*, n° 26 (junio).
- Rohlfs, J. (1974):** "A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service", *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 5, n° 1.
- Schultz W.R. y J.E. Triantis (1982):** "An International Telephone Demand Study Using Pooled Estimation Techniques", *Proceedings, American Statistical Association, Business and Economic Statistics Section*.
- Southern New England Telephone Company (1977):** "Study on Usage Sensitive Pricing", presentado a Public Utilities Control Authority, Febrero.
- Squire, L. (1974):** "Some Aspects of Optimal Pricing for Telecommunications", *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 4, n° 2.
- Storey, C. (1986):** "Metodologías de Predicción y su Empleo en la Industria de Telecomunicaciones: El caso de AT&T Communications", *Comunicaciones y Desarrollo, FUNDESCO*.
- Taylor, L.D. (1980):** Telecommunications Demand: A Survey and Critique. Ballinger Publishing Company.
- Taylor, L.D. (1992):** A Revision of Telecommunications Demand: A Survey and Critique.
- Taylor, L.D. y D. Kridel (1990):** "Residential Demand for Acces to the Telephone Network", de Fontenay, Shugard and Sibley eds. Telecommunications Demand Modelling. North Holland.

- Telefónica de España (1986):** "Anuario Estadístico Telefónico Nacional". Departamento de Estudios Económicos.
- Telefónica de España (1988a):** "Modelo Econométrico Nacional de Peticiones Registradas Netas (1987-1990), Subdirección General Residencial, Departamento de Marketing y Ventas.
- Telefónica de España (1988b):** Índices de precios de los servicios de telefonía en España. Subdirección General de Intervención y Contabilidad, Departamento de Estudios Económicos.
- Telefónica de España (1990):** Homogeneización de las Series de Consumo Telefónico, Departamento de Marketing y Previsión. Subdirección de Previsión de la Demanda.
- Telefónica de España (1991a):** Homogeneización de las series de Consumo Telefónico, período 1980-1990. Departamento de Marketing y Previsión. Subdirección de Previsión de la Demanda.
- Telefónica de España (1991b):** Memoria 1990, Departamento Financiero.
- Thompson H.E. y G.C. Tiao (1971):** "Analysis of Telephone Data: A Case Study of Forecasting Seasonal Time Series", Bell Journal of Economics and Management Science, 2 (Otoño): 515-541.
- Tomasek, O. (1972):** "Statistical Forecasting of Telephone Time Series", Telecommunications Journal, n° 39 (Diciembre): 725-731.
- Torres Grajales, R. (1989):** "Previsión de la Demanda Telefónica por el Método Matemático", Revista T, n° 20.
- Train, K., D. McFadden y M. Ben-Akiva (1987):** "The Demand for Local Telephone Service: A Fully Discrete Model of Residential Calling Patterns and Service Choices, Rand Journal, primavera.
- Treadway, A. (1974):** Previsión de la demanda telefónica. Modelos Econométricos S.A.
- Von Rabenau, B. y K. Stahl (1974):** "Dynamic Aspects of Public Goods: A further Analysis of the Telephone System", Bell Journal of Economics and Management Science, vol. 5, n° 2.
- Waverman, L. (1974):** "Demand for Telephone Services in Great Britain, Canada and Sweden", presentado al Birmingham International Conference in Telecommunications Economics, Birmingham, Inglaterra, mayo.
- Weisbrod, B.A. (1964):** "Collective Consumption of Individual Consumption Goods", Quarterly Journal of Economics, n° 78 (Agosto): 471-477.

- Wellenius, B (1970):** "A Method for Forecasting the Demand for Urban Residential Telephone Connections", *Telecommunications Journal*, nº 37 (Junio): 262-267.
- Wert, G.M. (1976):** "The Effects of Day/Night Price Ratios on Residence Weekday Interstate MTS Traffic", Memoria de Bell Laboratories (no publicado), Junio.
- Wilkinson, G. (1983):** "The Estimation of Usage Repression under Local Measured Service: Empirical Evidence from the GTE Experiment", en Courville, de Fontenay y Lee eds. Economic Analysis of Telecommunications, North Holland.
- Willig, R. (1976):** "Consumer's surplus without apology", *American Economic Review*, 66.
- Yatrakis, P.G. (1972):** "Determinants of the Demand for International Telecommunications", *Telecommunications Journal* nº 39 (Diciembre): 732-746.

Apéndice

En esta sección se incluyen un conjunto de gráficos complementarios a los incluidos en el texto. Los gráficos 7, 8 y 9 se refieren a la ecuación (5.1), el gráfico 10 a la ecuación (6.1) y el gráfico 11 a la ecuación (7.1).

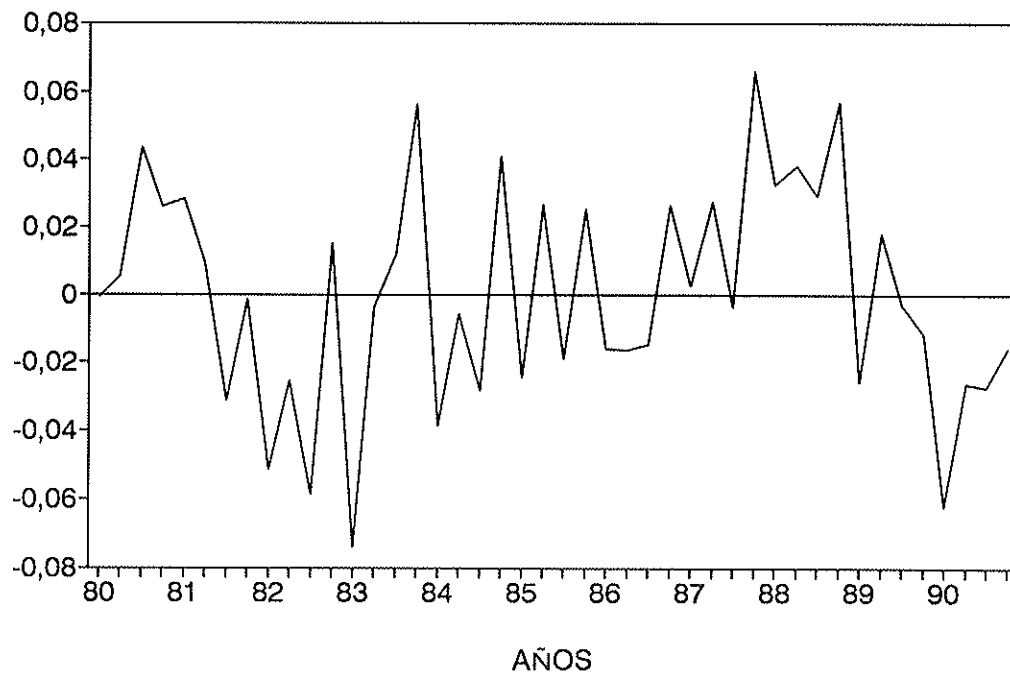
Además se incluyen un conjunto de contrastes diagnósticos que son útiles para detectar el posible incumplimiento de los supuestos del modelo y que garantizarían la validez de la estimación e inferencia realizados con el mismo.

La Tabla 2 sintetiza los resultados de los diagnósticos realizados sobre la ecuación (5.1) de demanda de tráfico telefónico particular interurbano. Excepto el de Chow, los contrastes diagnósticos utilizados son del tipo de los multiplicadores de Lagrange, (véase Godfrey (1988)). Se ha elegido utilizar, siempre que ha sido posible, la versión de la t , que permite llevar a cabo contrastes unidireccionales.

Las ecuaciones de tráfico urbano e internacional, (6.1) y (7.1) se han sometido cada una a una batería de diagnósticos similar a la de la ecuación (5.1), con resultados análogos. Por ello no se presentan explícitamente en el trabajo.

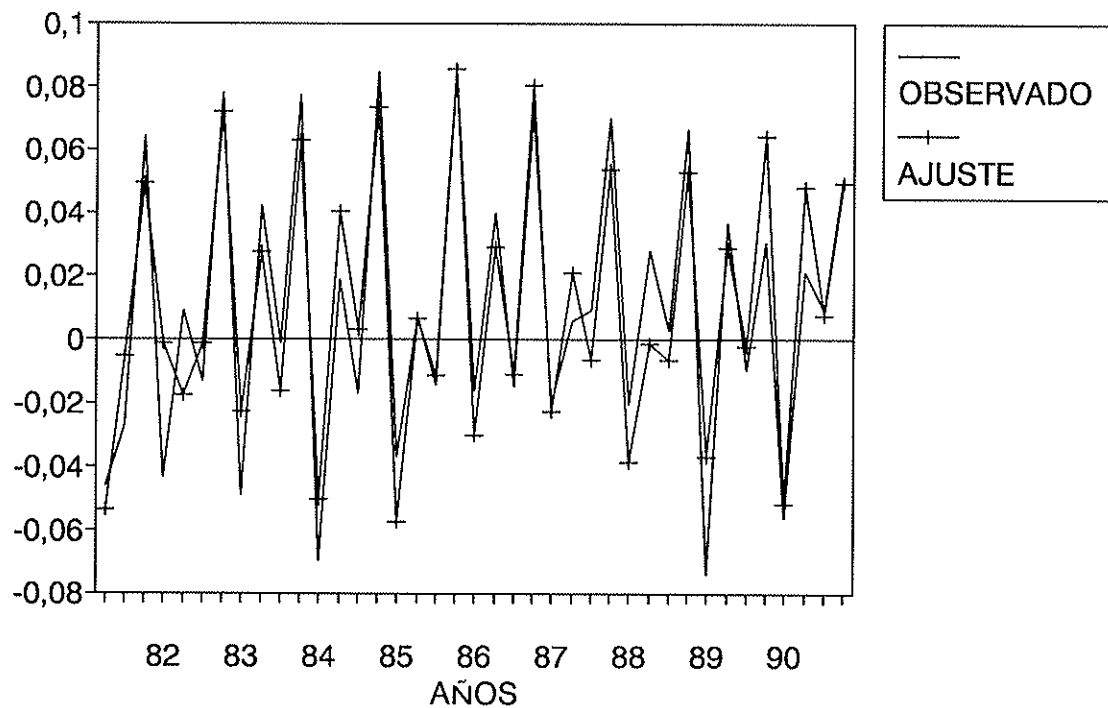
MECANISMO CORRECCION ERROR

TRAFICO INTERURBANO

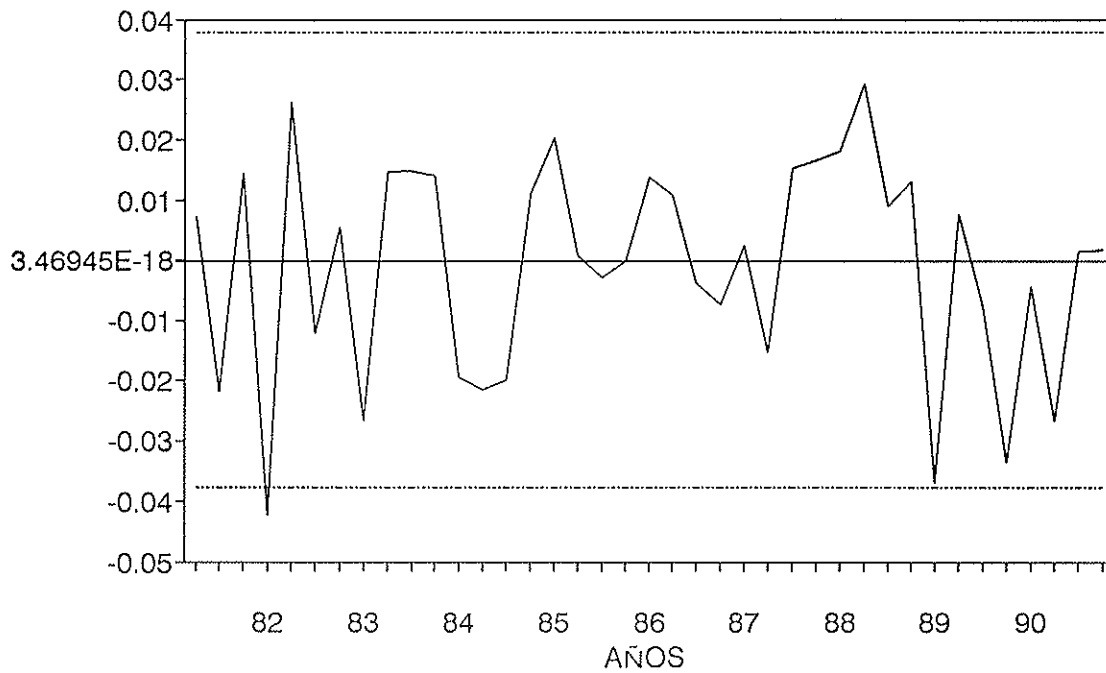


OBSERVADO Y AJUSTE

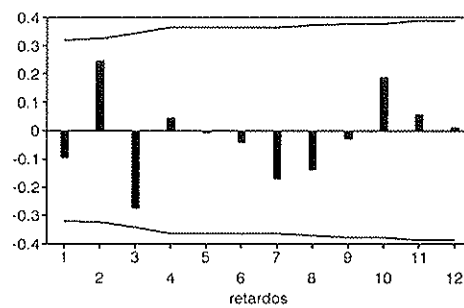
ECUACION DINAMICA TRAFICO INTERURBANO



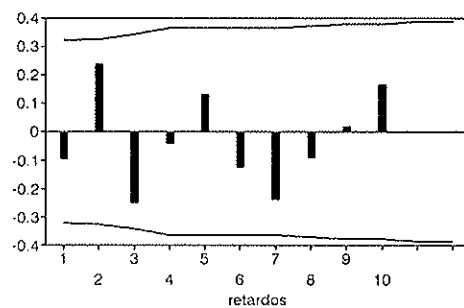
RESIDUOS MODELO DINAMICO INTERURBANO (DOS DESVIACIONES TIPICAS)



fac residual
ECUACION DINAMICA TRAFICO INTERURBANO

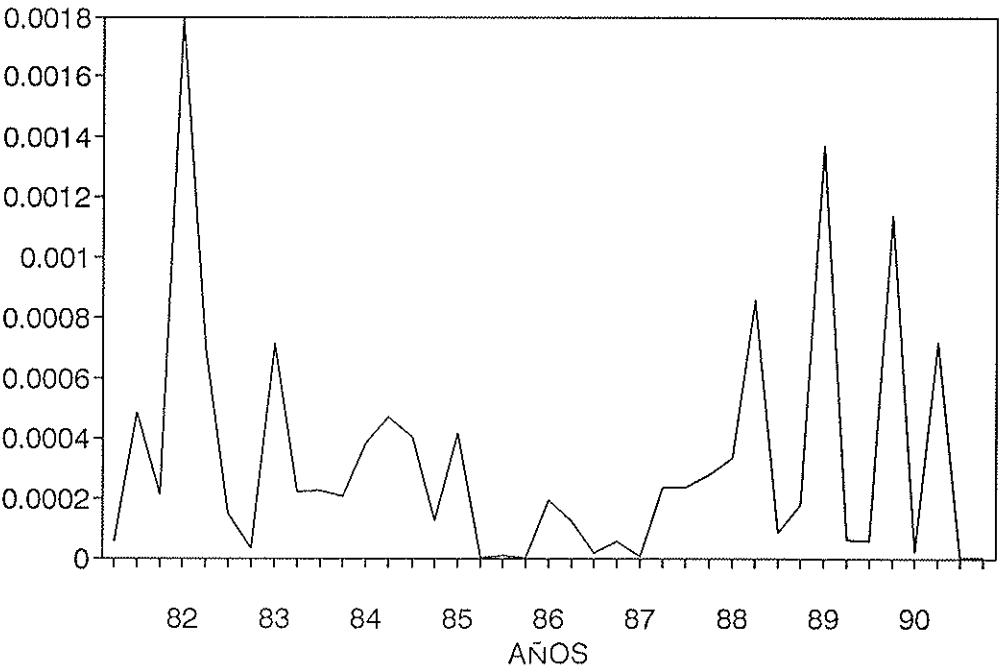


facp residual
ECUACION DINAMICA TRAFICO INTERURBANO

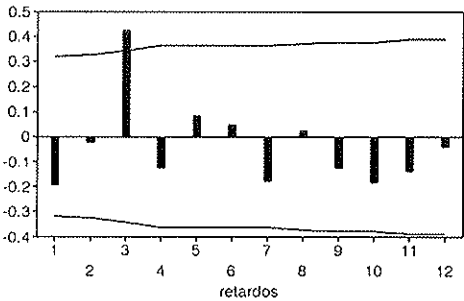


RESIDUOS CUADRADO

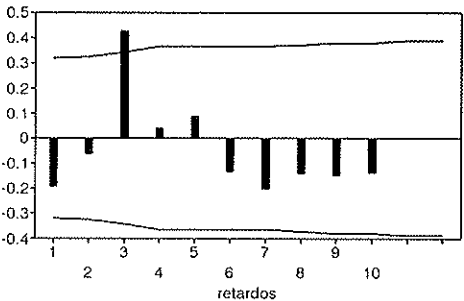
ECUACION DINAMICA TRAFICO INTERURBANO



fac cuadrado residuos
ECUACION DINAMICA TRAFICO INTERURBANO

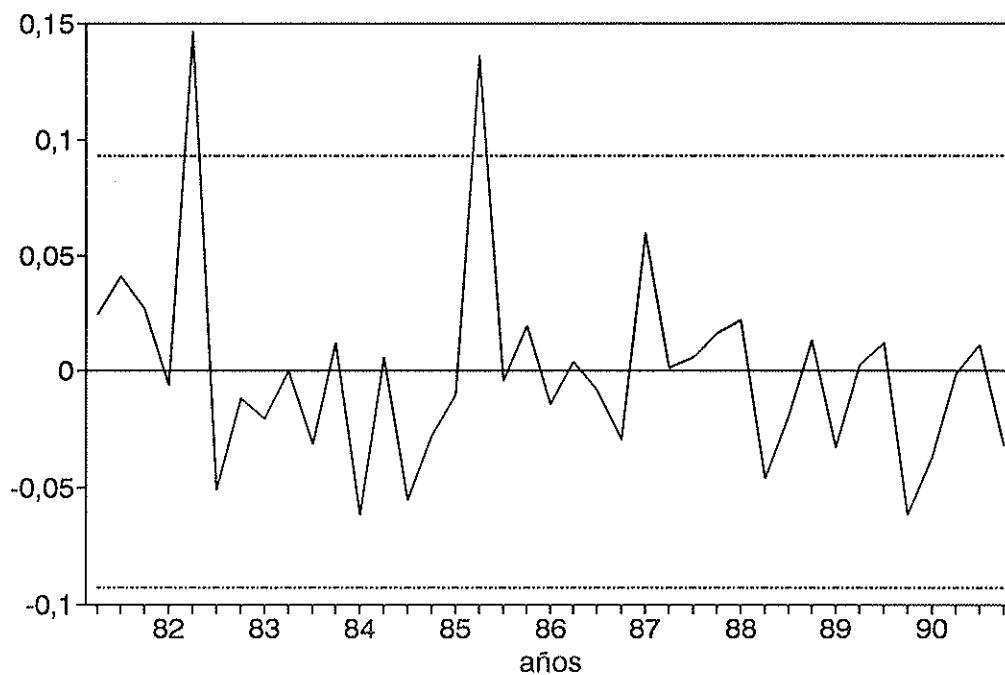


facp cuadrado residuos
ECUACION DINAMICA TRAFICO INTERURBANO



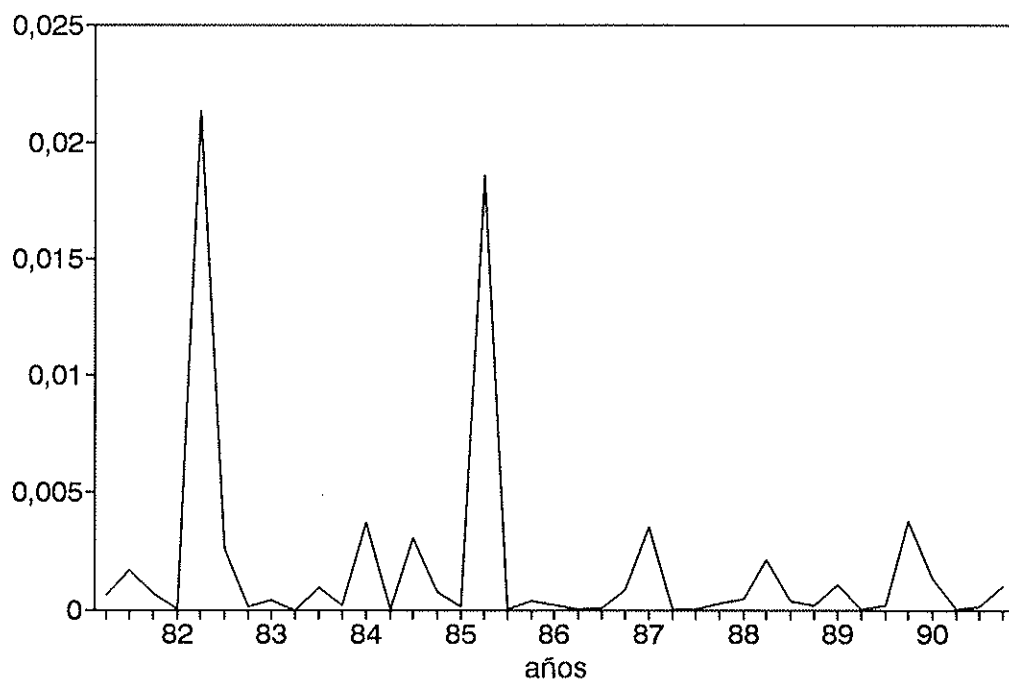
residuos modelo dinamico

trafico internacional (bandas 2 sigma)

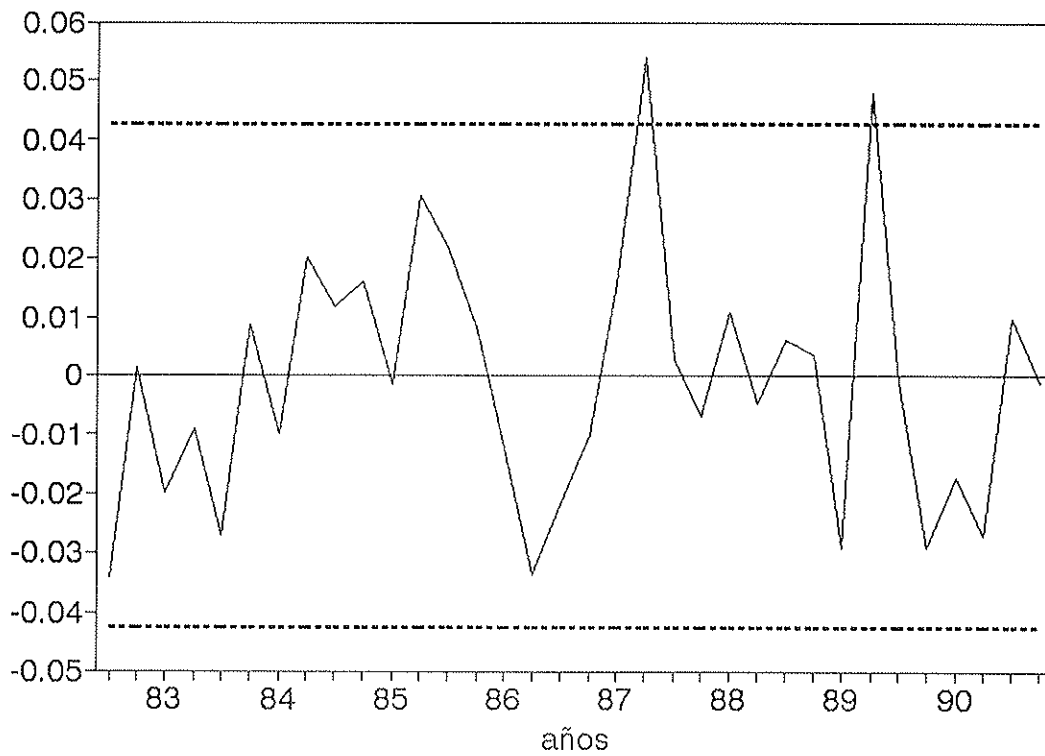


residuos cuadrado modelo dinamico

trafico internacional



residuos modelo dinámico urbano



residuos cuadrado modelo dinámico urb.

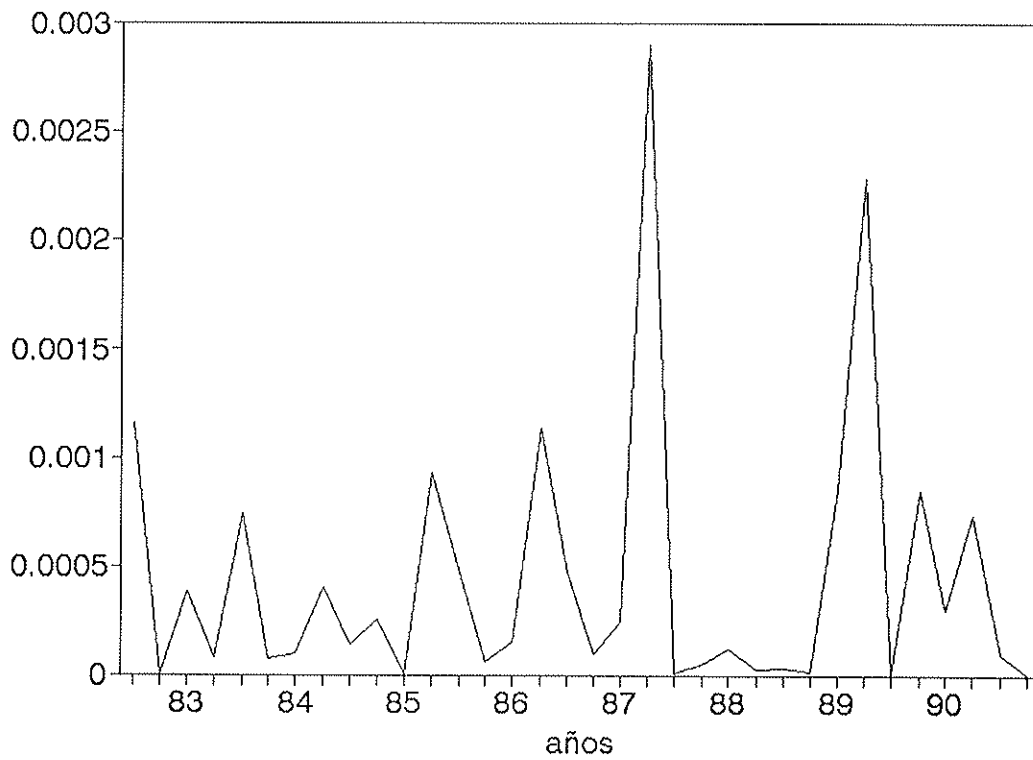


TABLA 2

**Diagnósticos de la ecuación dinámica de tráfico particular
interurbano, ecuación (5.1)**

DIAGNOSTICO	COMPUTADO	CRITICO
1. Variables omitidas		
- población _t	- 0,61	$t_{38,5\%} = 1,69$
- líneas totales _t	- 0,46	$t_{38,5\%} = 1,69$
- índice tarifas interurbanas _t	1,34	$t_{38,5\%} = 1,69$
2. Dinámica		
- mce _{t-2}	0,73	$t_{38,5\%} = 1,69$
- mce _{t-3}	- 0,74	$t_{38,5\%} = 1,69$
- mce _{t-4}	-0,15	$t_{38,5\%} = 1,69$
- mce _{t-5}	-0,28	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % pib _{t-1}	-0,52	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % pib _{t-2}	0,03	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % pib _{t-3}	0,61	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % pib _{t-4}	- 0,12	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % precio paso real _{t-1}	- 0,44	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % precio paso real _{t-2}	0,84	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % precio paso real _{t-3}	- 0,60	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % precio paso real _{t-4}	1,01	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % consumo medio línea _{t-5}	- 0,25	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % consumo medio línea _{t-6}	0,19	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % consumo medio línea _{t-7}	0,56	$t_{38,5\%} = 1,69$
- Δ % consumo medio línea _{t-8}	- 0,19	$t_{38,5\%} = 1,69$
3. Forma funcional-no linealidades		
- inverso de Δ % pib _t	1,85	$t_{38,5\%} = 1,69$
- inverso de Δ % precio paso real _t	- 1,56	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado de Δ % pib _t	0,11	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado de Δ % líneas facturables _t	- 0,61	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado de Δ % precio paso real _t	0,06	$t_{38,5\%} = 1,69$
- producto Δ % pib, Δ % precio paso real _t	- 0,16	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado de mce _{t-1}	0,27	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado de Δ % consumo medio línea _{t-4}	0,28	$t_{38,5\%} = 1,69$

TABLA 2

**Diagnósticos de la ecuación dinámica de tráfico particular
interurbano, ecuación (5.1)**

(Continuación)

DIAGNOSTICO	COMPUTADO	CRITICO
4. Heteroscedasticidad estática		
- mce_{t-1}	0,96	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado de mce_{t-1}	0,82	$t_{38,5\%} = 1,69$
- $\Delta\%$ líneas facturables _t	1,53	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado $\Delta\%$ líneas facturables _t	1,35	$t_{38,5\%} = 1,69$
- $\Delta\%$ pib _t	- 0,05	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado de $\Delta\%$ pib _t	- 0,70	$t_{38,5\%} = 1,69$
- $\Delta\%$ precio paso real _t	- 0,39	$t_{38,5\%} = 1,69$
- cuadrado $\Delta\%$ precio paso real _t	- 0,23	$t_{38,5\%} = 1,69$
- producto $\Delta\%$ pib, $\Delta\%$ precio paso real _t	0,08	$t_{38,5\%} = 1,69$
- White	0,30	$F_{5,33,5\%} = 2,51$
5. Heteroscedasticidad dinámica		
- ARCH (1)	- 0,38	$t_{38,5\%} = 1,69$
- ARCH (2)	- 0,18	$t_{37,5\%} = 1,69$
- ARCH (3)	1,04	$t_{36,5\%} = 1,69$
- ARCH (4)	0,07	$t_{35,5\%} = 1,69$
- ARCH (5)	0,21	$t_{34,5\%} = 1,69$
- ARCH (1 - 5)	1,00	$F_{5,28,5\%} = 2,54$
6. Normalidad	2,85	$\chi^2_{2,5\%} = 5,99$
7. Chow (1985:IV)	0,02	$F_{4,31,5\%} = 2,68$
8. Dickey Fuller	- 6,36	$DF_1\% = - 4,07$

Diagnósticos de la ecuación (5.1) de demanda de tráfico particular interurbano. 1981: II, 1990: IV, 39 observaciones.