

ANALISIS DE SERIES DE TIEMPO DE FLUJOS VEHICULARES DIARIOS EN SANTIAGO, 1985-1989

Osvaldo Ferreiro P.
Alicia Hidalgo C.

Departamento de Probabilidad y Estadística
Facultad de Matemáticas
Pontificia Universidad Católica de Chile

RESUMEN

Se analizaron las series de tiempo de 6 estaciones permanentes de conteo instaladas en Santiago, para el período 1985-1989. Se estudió el comportamiento del flujo vehicular diario a través de la estación, con el fin de determinar modelos adecuados que explicaran tendencias, estacionalidades, etc.

El análisis preliminar sugirió la conveniencia de crear y analizar los siguientes datos: series de días homólogos a través de los cinco años y series de los días laborales para cada año.

En el caso de las series de días homólogos, el tipo de modelo $ARIMA(1,1)$ es predominante a través de los años y de las estaciones. Por el contrario, para las series anuales de días laborales, los modelos apropiados incluyen componentes de tipo estacional. En este último caso, además, un análisis de algunas estaciones, sin los datos correspondientes a Enero y Febrero, mostró que el efecto de los meses de verano en la construcción del modelo depende fuertemente del lugar de la ciudad donde la estación de observación esté ubicada.

1. INTRODUCCION

Durante los años 1985 a 1989 se recolectó gran cantidad de datos de flujo vehicular. En particular, observaciones cada quince minutos en el caso de seis estaciones intensivas de conteo instaladas en Santiago.

Ellas corresponden a las siguientes ubicaciones:

Estación	Sentido	Ubicación
001	(S-N)	Av. Vicuña Mackenna-Campus San Joaquín
002	(P-O)	Av. Rancagua-Condell
003	(O-P)	Av. Francisco Bilbao-J.M. Infante
004	(S-N)	Av. Independencia-Olivos
	(N-S)	
	(T)	
103	(O-P)	Av. Alameda L.B. O'Higgins-J.V. Lastarria
165	(N-S)	Av. Vicuña Mackenna-Benito Rebolledo

SN : sentido de tráfico sur-norte
NS : sentido de tráfico norte-sur
T : tráfico total en ambos sentidos

Los datos disponibles, en este caso, constituyen seis series cronológicas paralelas cuya modelación se puede realizar con técnicas del tipo ARIMA o Box-Jenkins.

Algunas características comunes de las series son:

- 1.1 Estabilidad en términos de tendencia. No existen grandes cambios en sus niveles medios.
- 1.2 No obstante lo anterior, se observan cambios en la variabilidad de los datos, a través de diferentes períodos. Con el objeto de aminorar estas fluctuaciones de la varianza, se analizó el logaritmo (natural) de los datos.
- 1.3 El comportamiento para los días hábiles (lunes a viernes) es bastante similar. Se diferencia de ellos el día domingo. El día sábado presenta una situación intermedia.

Por otro lado, las series adolecen de tramos donde no existen datos (existencia de datos faltantes). Dado que dichos tramos son cortos en relación a cada año, las series fueron

completadas tomando el promedio simple de los tres días homólogos previos y los tres días homólogos posteriores al día que se estimaba. Es decir, si se estimaba un viernes, la estimación se hacía por el promedio de los tres viernes anteriores y los tres viernes posteriores.

2. TIPOS DE MODELOS AJUSTADOS

Los modelos ajustados son del tipo ARIMA(p,d,q). Ellos consideran una serie X_t que es diferenciada d veces, transformándose en una serie w_t :

$$w_t = \nabla^d X_t = (1 - B)^d X_t$$

donde

$$\nabla X_t = (1 - B)X_t = X_t - X_{t-1} \quad (BX_t = X_{t-1})$$

A la serie adecuadamente diferenciada se le ajusta un modelo ARMA(p,q), formado por polinomios autorregresivos y de medias móviles.

Es decir:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)w_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)a_t$$

donde $\{a_t\}$ es una serie de ruido blanco (series de elementos no correlacionados y de distribución común en el tiempo, con media cero).

El modelo se traduce en

$$w_t - \phi_1 w_{t-1} - \dots - \phi_p w_{t-p} = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

En particular, el modelo de más común aparición en este estudio fue el ARMA(1,1):

En este caso, la serie original $\{X_t\}$ es estacionaria (con características estables en el tiempo y por ello no necesita ser diferenciada). A ella se le debe sustraer su media μ transformándose en la serie $\{Z_t\}$:

$$Z_t = X_t - \mu$$

Los polinomios autorregresivos y de medias móviles tienen sólo un coeficiente que debe ser estimado:

$$(1 - \phi_1 B)Z_t = (1 - \theta_1 B)a_t$$

es decir:

$$Z_t - \phi_1 Z_{t-1} = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Finalmente,

$$X_t - \mu = \phi_1(X_{t-1} - \mu) + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

$$X_t = (1 - \phi_1)\mu + \phi_1 X_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Otro modelo que apareció con frecuencia es el tipo AR(1), que es un caso particular de modelo ARMA(1,1), donde el coeficiente de medias móviles θ_1 es nulo:

$$(1 - \phi_1 B)Z_t = a_t$$

o

$$X_t = (1 - \phi_1)\mu + \phi_1 X_{t-1} + a_t$$

Adicionalmente, algunos modelos tienen componente estacional. El caso más común es el modelo $ARIMA(1,0,1) \times (1,1,1)_5$. Simultáneamente al efecto no estacional ya descrito, se produce una diferenciación estacional (de orden 5) y hay presencia de términos estacionales autorregresivos y de medias móviles:

$$(1 - \Phi B^5)(1 - \phi B)(1 - B^5)Z_t = (1 - \theta B^5)(1 - \theta B)a_t$$

que equivale a:

$$(1 - \Phi B^5)(1 - \phi B)(Z_t - Z_{t-5}) = (1 - \theta B^5)(1 - \theta B)a_t$$

$$(1 - \phi B - \Phi B^5 + \phi \Phi B^6)(Z_t - Z_{t-5}) = (1 - \theta B - \theta B^5 + \theta \Phi B^6)a_t$$

Además

$$Z_t - Z_{t-5} = X_t - \mu - (X_{t-5} - \mu) = X_t - X_{t-5}$$

resultando finalmente,

$$X_t - X_{t-5} - \phi(X_{t-1} - X_{t-6}) - \Phi(X_{t-5} - X_{t-10}) + \phi\Phi(X_{t-6} - X_{t-11}) = a_t - \theta a_{t-1} - \theta a_{t-5} + \theta \Phi a_{t-6}$$

$$X_t = \phi X_{t-1} + (1 + \Phi)X_{t-5} - \phi(1 + \Phi)X_{t-6} - \Phi X_{t-10} + \phi\Phi X_{t-11} + a_t - \theta a_{t-1} - \theta a_{t-5} + \theta \Phi a_{t-6}$$

En este modelo, cada observación se explica en función de la observación previa y aquéllas 5, 6, 10 y 11 lugares previos.

3. CUADRO DE MODELOS AJUSTADOS

Modelos para días homólogos

Estación	Tipo
001	ARMA(1,1) (AR(1))
002	AR(1) (ARMA(1,1))
003	ARMA(1,1)
004	SN ARMA(1,1)
	NS ARMA(1,1), AR(1), MA(1), RB
	T AR(1), (ARMA(1,1))
103	AR(1)
165	ARIMA(1,0,1) x (1,1,1) _s

(RB: Ruido Blanco)

Modelos para series laborales

Estación	Tipo
001	ARMA(1,1)
002	ARMA(1,1) y AR(1)
003	ARMA(1,1) (AR(1) y RB)
004	SN ARIMA(0,0,1)x(1,1,1) _s , ARIMA(1,1,1), RB
	NS AR(1), AR(2), ARIMA(0,0,1) x (1,1,1) _s
	T RB, A(1), ARMA(1,1), ARIMA(0,0,1)x(1,1,1) _s
103	ARIMA(1,0,1)x(1,0,0) _s (ARIMA(1,0,0)x(1,0,0) _s)
165	ARIMA(1,0,1)x(1,1,1) _s (ARIMA(0,0,0)x(1,1,1) _s)

(RB: Ruido Blanco)

Observaciones Generales:

Días homólogos:

1. El tipo de modelo ARMA(1,1) (con sus casos particulares AR(1) y MA(1)) explica la relación de los días homólogos en la gran mayoría de las estaciones. Ello implica que el valor de día homólogo inmediatamente precedente es preponderante. Su efecto es complementado por una combinación de ruidos blancos.
2. No obstante lo señalado en el punto anterior, la estación 165 requiere un modelo más complejo, con componentes estacionales.

Días Laborales:

1. Entre los modelos no estacionales, el tipo de modelo ARMA(1,1), con sus casos particulares AR(1) y MA(1), es el de más frecuente aparición.
2. Sin embargo, para modelar las series de días laborales de varias estaciones, es necesario recurrir a modelos más complejos, de tipo estacional (ARIMA(1,0,1)x(1,1,1)_s).

También se llevó a cabo un estudio parcial de series de días laborales de estaciones permanentes sin incluir los datos correspondientes a los meses de Enero y Febrero (correspondientes a vacaciones de verano). Interesaba estudiar los posibles cambios en los modelos de las series, al no incluir los datos correspondientes a dichos meses.

Se estudió las estaciones 003 y 103, obteniéndose las conclusiones siguientes:

1. No se producen modificaciones importantes, en general, en los valores de las medidas descriptivas (flujo de tráfico promedio diario, desviación estándar, etc.).
2. Los tipos de modelos no se modifican importantemente para la estación 103 (son del tipo ARIMA(1,0,1)x(1,0,0)_s, pero cambian para la estación 003, (ahora se obtienen modelos AR(1) o Ruido Blanco).

Se estudió además, para la estación 001, el comportamiento de las series incluyendo los días festivos y de vacaciones (tanto de verano como de invierno). No obstante, los resultados no permiten conclusiones definitivas.

BIBLIOGRAFIA:

1. Box, G.E.P. y Jenkins, G.M.: "Time Series Analysis: Forecasting and Control". Holden-Day, San Francisco, 1976.
2. Ferreiro, O.: "Methodologies for the Estimation of Missing Observations in Time Series". Statistics and Probability Letters, vol-5, págs. 65-69. Enero 1987.
3. Ferreiro, O.: "Técnicas Avanzadas para el Tratamiento de Series Cronológicas". Departamento de Matemáticas y Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1976.

