

---

## **APLICACION DE TECNICAS DE BOX Y JENKINS AL CONTEO INTENSIVO DE TRAFICO**

**Víctor Hernán Toro Fuentes**

Automática y Regulación S.A.

fono 634-4626, fax 634-6075

**Juan Enrique Coeymans Avaria**

Departamento de Ingeniería de Transporte

Pontificia Universidad Católica de Chile

Casilla 306 correo 22, fono 552-5804, fax 552-4054

### **RESUMEN**

Utilizando técnicas de Box y Jenkins, se desarrolló un procedimiento para estimar flujos vehiculares futuros o faltantes para las estaciones de conteo automático de Santiago, que cumpliera con ser confiable, preciso, sencillo y económico. Se estudiaron dos tipos de series, una de Flujo Promedio Diario y otra de Flujo Horario. Estas series fueron obtenidas de seis estaciones de conteo permanente durante el período de mediciones 1985 - 1987. El trabajo incluyó el estudio de tendencias y estacionalidades, la búsqueda de características comunes entre series de distintas estaciones de conteo y la determinación y aplicación de modelos de proyección de flujos vehiculares estadísticamente satisfactorios.

Se desarrolló un procedimiento de análisis general para estimar modelos para cada una de las series de Flujo Promedio Diario. Se encontró que un mismo modelo ajustaba bien los datos para todas las estaciones, un  $ARIMA(0,1,2)(0,1,1)^7$ , esto sugiere que se podría extender el rango de aplicación del modelo, a las estaciones de conteo no-permanentes. El error de las estimaciones de Flujos Promedios Diarios, resultó ser, en promedio, del orden del 5% al 10% en un horizonte de predicción de un mes.

Las series de Flujo Horario no pudieron ser modeladas satisfactoriamente, bajo el enfoque de semana corrida utilizado en este trabajo. La implementación de estos resultados es sencilla y de bajo costo.



## 1. INTRODUCCION

### 1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo central de este trabajo es desarrollar un procedimiento de estimación de flujos vehiculares, para períodos futuros o faltantes de las estaciones de conteo automático que existen en el Gran Santiago. Se ha escogido la metodología de Box y Jenkins (1970 y 1976) para el tratamiento estadístico de las series, debido a que la naturaleza periódica y estocástica de los flujos vehiculares, queda bien tratada por modelos del tipo Series de Tiempo. Estos modelos son particularmente económicos y sencillos de utilizar.

Para este trabajo se han identificado los siguientes objetivos específicos:

- a. Conocer más acerca de los flujos medidos en las estaciones permanentes como un medio de ayuda en el análisis y representación del comportamiento del tráfico en Santiago.
- b. Estudiar estacionalidades y tendencias en los flujos de modo de hallar similitudes entre los comportamientos de las series provenientes de distintas estaciones.
- c. Estimar la calidad de las predicciones del modelo ARIMA mediante la comparación de los valores estimados por el modelo versus las mediciones realizadas en cada estación.
- d. Extraer consecuencias prácticas acerca del uso de esta información de tránsito y de los procedimientos desarrollados.

### 1.2. TELON DE FONDO

A partir de la década de los '70, las Series de Tiempo se han aplicado con ventajas en el área de Gestión de Transporte a problemas como; predicción de flujos mensuales de tránsito en un tramo de carretera (Nihan y Holmesland, 1980), obteniendo predicciones altamente precisas y económicas. El modelo empleado fue un ARIMA. Benjamín (1986), presenta un procedimiento para predecir flujos promedios diarios de tránsito usando el Análisis de Series de Tiempo, concluyendo que el método es más simple y económico que los procedimientos estándar de predicción de demanda. Mahalel y Hakkert (1985), estiman un modelo ARMA para la variable velocidad vehicular en un tramo de vía; Davis y Nihan (1984), estiman un modelo ARMA para detectar pequeños cambios promedio en las características del flujo de tráfico, tales como volumen en la hora punta y ocupancia de pistas; Polhemus (1976), estudia el problema de construir un modelo de series de tiempo dinámico para las fluctuaciones locales de parámetros de tráfico, tales como flujo, velocidad y densidad vehicular.

En Chile, a mediados de los años '80, comienza a operar una red de conteo automático de flujos vehiculares en las principales calles del Gran Santiago. Esta red consta con más de 215 estaciones, que permiten registrar el volumen total de vehículos que circulan en un tramo de vía a intervalos de quince minutos. La mayor parte de estas estaciones de conteo operan dos veces al año durante un período de dos semanas cada uno.

Las estaciones cuyos datos se utilizan en este estudio, tienen la particularidad de llevar un registro permanente, cada quince minutos, de los flujos vehiculares durante todo el año. Esta información acumulada, constituye una rica base de datos de series históricas, la que se almacena en cintas



magnéticas de propiedad de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano y se respalda en el Laboratorio de Ingeniería de Tránsito de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

A fines de 1990 comienzan a ser publicados modelos ARIMA de las series provenientes de las mismas estaciones de conteo abordadas en estas páginas, estimados por el Depto. de Ingeniería de Transporte de la U.C. como parte de su programa de emisión de Informes del Convenio "Estudio Censo de Flujos de Tráfico" 1990, que dicha Universidad mantiene con la Intendencia de la Región Metropolitana. Estos resultados sistematizados, se presentan en el V Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, Ferreiro e Hidalgo (1991).

En dicho trabajo, Ferreiro e Hidalgo estudian las series de flujos de días homólogos de las estaciones de conteo, entre los años 1985 y 1989 y series de días laborales. Entendiendo como días homólogos los días que ocupan el mismo lugar dentro de la semana, es decir todos los lunes de cada semana, todos los martes, etc. Se formaron así, series para todos los días de la semana. Para completar los datos faltantes en cada serie, se tomaron promedios simple de los tres días homólogos previos y los tres días homólogos posteriores al día faltante; de modo que, si faltaba el dato de un día jueves, éste se estimó como el promedio de los tres jueves previos y los tres jueves posteriores al faltante.

Los resultados indicaron que para la serie de días homólogos, el modelo ARMA(1,1) es predominante a través de los años y de las estaciones, mientras que para la serie de días laborales, el modelo cambia según la estación de conteo, algunos de los cuales incluyen componentes estacionales.

## 2. MODELACION ARIMA EN TSP-PC

Las series de flujos vehiculares analizadas provienen de seis estaciones de conteo automático permanentes, ubicadas en los siguientes lugares dentro del Gran Santiago, según se indica en el Cuadro N° 2.1.

Los datos se guardan como flujo cada quince minutos en archivos en cinta que se mantienen como respaldo en el Laboratorio de Ingeniería de Tránsito de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Todas las series presentan valores a rellenar, es decir, valores que deben ser removidos. La metodología de Box y Jenkins requiere que la serie a modelar debe estar completa, sin faltar ninguno.

Para homogeneizar los valores de la serie, se remueven todos aquellos que no sean representativos y se reemplazan por otros obtenidos a partir de los anteriores con modelos ARIMA particulares para el conjunto de datos disponibles. Dado el pequeño porcentaje que significan los valores no representativos dentro de la muestra, removerlos equivale a un proceso de limpieza o depuración de la serie, que no la alteran en lo fundamental.

**CUADRO N° 2.1**  
**Identificación de las Estaciones de Conteo**

<b>ESTACION</b>	<b>UBICACION GEOGRAFICA</b>	<b>SENTIDO DE TRANSITO</b>
001	Vicuña Mackenna - Campus San Joaquín	Sur a Norte
002	Rancagua - Condell	Poniente a Oriente
003	Francisco Bilbao - José Miguel Infante	Oriente a Poniente
004	Independencia - Olivos	Sur a Norte
005 (*)	Independencia - Olivos	Norte Sur
103	Alameda - José Victorino Lastarria	Oriente a Poniente
165	Vicuña Mackenna - Campus San Joaquín	Norte Sur

(\*) Se ha tomado el número 005 para designar el movimiento Norte a Sur en la estación N°004, la que registra flujo bidireccional.

Un tipo de dato a remover son los valores anómalos, valores obtenidos de mediciones hechas en condiciones de tránsito extraordinarias, tales como horas de días feriados o fines de semana largos. Estos valores están bien medidos, en el sentido de que son reales, sin embargo no responden al mismo patrón de generación de los demás valores de la serie. Dentro de los datos anómalos, especial importancia revisten las fechas próximas a Fiestas Patrias y Navidad, en las que se produce un comportamiento particular en el entorno de los días de fiesta. En el caso de Fiestas Patrias ocurre un aumento inusual del flujo en los días previos a la celebración, y en el caso de Navidad, desde la semana anterior. En todos los casos, los flujos decaen bruscamente durante los días de fiesta. Otras fechas de relativa importancia dentro del año son Semana Santa, 1° de Mayo, 15 de Agosto, 12 de Octubre, 11 de Septiembre y 8 de Diciembre. Este tipo de perturbaciones anuales también fueron removidas de la serie, Ferreiro (1978).

## **2.1. DEFINICION DE LA VARIABLE**

A continuación se discute la unidad de tiempo en que se medirá la variable flujo vehicular para formar la serie a estudiar, pues según sea la unidad de tiempo en que se agrupan los datos recolectados, la serie será distinta.

El primer tipo de variación temporal observado, es la diaria. Todas las series presentan un determinado patrón de flujos diarios, con períodos punta característicos ya sean días laborales, sábados o domingos. La forma más clara de estudiar este efecto es mediante la construcción de la variable Flujo Horario, materializada como los flujos durante cada hora de medición.

También se presenta una variación semanal. Cada semana es similar a la anterior, presenta una curva del mismo tipo y no varía mucho entre las diferentes estaciones de conteo. Los días laborales mantienen un nivel de flujos semejantes entre sí, para disminuir los sábados y ser menores los domingos.



Finalmente, se observa una variación anual. Esta aparece como una fuerte disminución de flujos durante los meses de verano y un alza en primavera.

De los tres tipos de variación, esta última, es la más débil de todas, por lo que el problema se reduce a independizar las dos primeras fuentes de variación, pues la superposición de efectos dificulta la identificación de una sola fuente de estacionalidad.

En vista a un trabajo por etapas, se decidió concentrar el esfuerzo en el análisis de la variación semanal de las series. Para ello se construye la variable Flujo Promedio Diario, como el promedio simple de los 24 valores de flujo horario en un día, obteniendo así un valor representativo para cada día de la semana.

## 2.2. TRATAMIENTO GENERAL DE LAS SERIES

A cada una de las series del Cuadro N° 2.1, se le aplica el mismo tratamiento básico, que tiene por objetivo homogeneizar los valores de la serie, removiendo aquellos datos erróneos, anómalos o faltantes. El relleno de la serie se realiza utilizando la metodología de Box y Jenkins para generar predicciones a partir de tramos de datos históricos disponibles, con a lo menos 60 valores.

Generalmente, el primer sector de datos a remover se encuentra en Semana Santa, alrededor del mes de Abril. Para reemplazar estos valores anómalos, se estima un modelo ARIMA con los datos del tramo Enero - Abril y se le usa para obtener predicciones en las fechas en que existen valores a remover. Los valores entregados por el modelo pasan a reemplazar a los anteriores. La serie se extiende hasta encontrar el siguiente valor a remover y se repite el proceso de ajustar un modelo. Puesto que para el análisis estadístico, se emplea la versión 4.1B para PC del paquete estadístico Time Series Processor (TSP), este procedimiento continúa hasta que se acaba la disponibilidad de memoria del programa, en este punto sólo se puede continuar rellenando la serie por la vía de reducir su tamaño. Esto se hace truncando la serie al comienzo. Si durante este proceso el modelo deja de ser adecuado se busca otro y se continúa. Una vez completada la serie se vuelve a buscar el mejor modelo que ajuste todos los datos, este será el modelo definitivo.

El detalle de las etapas a que se someten las series es el siguiente:

1. Se grafica la serie a fin de confeccionar un calendario de valores faltantes, anómalos o erróneos.
2. En todos los casos fue necesario normalizar la variable a modelar, para ello se forma la nueva variable  $\ln(Z_t)$  y se diferencia.
3. Orientado por las gráficas de las funciones de autocorrelación, se busca el mejor modelo que ajuste los datos existentes.
4. Con el modelo se estiman los valores faltantes y se rellena la serie.



5. Una vez completa la serie, se busca el modelo que mejor ajuste.
6. Finalmente, se utiliza el modelo para predecir tres períodos: Enero de 1988, del cual se conocen los valores de flujo medido en las respectivas estaciones de conteo, Julio y Octubre de 1987.

### 2.3. MODELO PARA LA ESTACION 165

A modo de ejemplo, se presentan a continuación los resultados de aplicar la metodología descrita, a los flujos de la estación de conteo ubicada en el Paradero 7 de Vicuña Mackenna frente al Campus San Joaquín de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que registra el tránsito de Santiago a Puente Alto.

El modelo encontrado, un  $ARIMA(0,1,2)(0,1,1)^7$ , se utiliza para predecir el mes de Enero de 1988 y compararlo con los valores efectivamente medidos en ese mes. El modelo corresponde a la serie de valores entre el 1 de Abril de 1986 y el 3 de Enero de 1988. En el Cuadro 2.2 se presentan los valores estimados por el programa TSP, cuyas columnas se ordenan de la siguiente manera:

- La primera contiene el día y fecha asociada al valor de la serie.
- La segunda columna muestra el valor medido en la estación de conteo.
- La tercera columna muestra el valor estimado por el modelo.
- La cuarta columna contiene las diferencias entre los valores estimados con respecto a los valores medidos, en valor absoluto y en porcentaje.

Finalmente, al pie del Cuadro aparece la diferencia máxima en el mes, que en este caso es de 143 veh/h ocurrida el Sábado 23 de Enero de 1988 lo que significa una diferencia de 15.2 % con respecto al valor medido. También se muestran el valor promedio de las diferencias absolutas, en este caso 54 veh/h y el valor promedio de las diferencias porcentuales, en este caso 5.3%.

Del Cuadro se observa que los días Sábados, en general no son bien estimados, así como también los primeros valores de la serie. Esto puede deberse a que Enero es un período del año en que cambia el perfil de flujos por causa del verano y las vacaciones.

Los valores estimados por el modelo provienen de predecir los 28 siguientes valores posteriores al 3 de Enero de 1988. En este caso el error de estimación, aumenta a medida que se aleja del origen de predicción; en otras palabras la incertidumbre crece con el horizonte de predicción.

Esto no ocurre cuando se predice a un paso, cambiando sucesivamente el punto de partida, esto es, en vez de estimar los  $n$  valores a partir de  $W_t$ , se estima sólo un valor. El valor siguiente  $W_{t+2}$  se obtiene a partir de  $W_{t+1}$  y así sucesivamente. En este caso el error estándar permanece constante.



**CUADRO N° 2.2**  
**Comparación entre Flujos Medidos y Estimados en la Estación N°165**

DIA Y FECHA	FLUJO MEDIDO veh / h	FLUJO ESTIMADO veh / h	DIFERENCIAS DE FLUJOS	
			veh / h	%
L - 04/En/88	1092	1028	64	5,9
M - 05/En/88	1123	1055	68	6,1
W - 06/En/88	1121	1056	65	5,8
J - 07/En/88	1115	1066	49	4,4
V - 08/En/88	1154	1120	34	2,9
S - 09/En/88	1008	1098	90	8,9
D - 10/En/88	791	772	11	1,4
L - 11/En/88	1084	1031	53	4,9
M - 12/En/88	1100	1048	52	4,7
W - 13/En/88	1095	1049	46	4,2
J - 14/En/88	1094	1058	36	3,3
V - 15/En/88	1149	1112	37	3,2
S - 16/En/88	959	1090	131	13,7
D - 17/En/88	728	766	38	5,2
L - 18/En/88	1068	1023	45	4,2
M - 19/En/88	1072	1040	32	3,0
W - 20/En/88	1088	1041	47	4,3
J - 21/En/88	1087	1051	36	3,3
V - 22/En/88	1121	1104	17	1,5
S - 23/En/88	940	1083	143	15,2
D - 24/En/88	731	761	30	4,1
L - 25/En/88	1067	1016	51	4,8
M - 26/En/88	1082	1033	49	4,5
W - 27/En/88	1092	1034	58	5,3
J - 28/En/88	1097	1043	54	4,9
V - 29/En/88	1155	1096	59	5,1
S - 30/En/88	971	1075	104	10,7
D - 31/En/88	744	755	11	1,5
DIFERENCIA MEDIA			54	5,3
DIFERENCIA MAXIMA			143	15,2

La idea que hay detrás de esto, es disminuir el error que se introduce en la predicción por efecto de la distancia entre el punto de partida y el valor estimado. Esta forma de calcular el valor siguiente no se puede hacer para Enero de 1988 pues los parámetros del modelo se modifican con el nuevo mes.

El tramo estimado pertenece a un período de verano. Se analizó si el período del año a que pertenecen las mediciones tiene alguna influencia sobre la calidad de la predicción. Para ello se

escogió el mes de Julio 1987 como representativo de un período de invierno, y se predijo los 31 valores siguientes.

Los valores obtenidos muestran que la diferencia máxima alcanza a 138 veh/h, con un 12.4 % y la diferencia media a 48 veh/h lo que representa una diferencia de 4.7 % con respecto al flujo medido. Para aumentar el espectro de comparación, se estimó el mes de Octubre de 1987. A continuación se presenta el Cuadro N° 2.3 conteniendo las diferencias máximas y medias de las estimaciones realizadas en cada período del año, para todas las estaciones de conteo.

Como se aprecia en este Cuadro resumen, el error medio de predicción de los flujos de la serie de la estación 165, es del orden del 5%, lo que se traduce en unos 50 veh/h.

Las predicciones para meses de invierno (Julio y Octubre), tienen en común que a partir de la cuarta semana de predicción se observa un significativo aumento relativo en las diferencias medias.

CUADRO N° 2.3  
Diferencias en la Estimación de Flujos por Epoca del Año

ESTACION	MES ESTIMADO	DIFERENCIA MAXIMA		DIFERENCIA MEDIA	
		veh/h	%	veh/h	%
N° 165	Julio 1987	138	12,4	48	4,7
	Octubre 1987	74	9,9	28	2,8
	Enero 1988	143	15,2	54	5,3
N° 103	Julio 1987	210	16,9	94	5,0
	Octubre 1987	77	5,5	30	1,5
	Enero 1988	398	15,5	236	10,5
N° 004	Julio 1987	75	12,9	28	5,0
	Octubre 1987	86	12,8	33	5,3
	Enero 1988	72	16,1	49	9,8
N° 002	Julio 1987	211	14,2	87	6,6
	Octubre 1987	100	10,2	31	2,8
	Enero 1988	255	27,0	140	11,1
N° 001	Julio 1987	141	15,6	50	5,0
	Octubre 1987	97	8,8	49	4,7
	Enero 1988	222	26,1	74	8,2

### 3. MODELO PARA FLUJOS HORARIOS

Con la intención de explorar caminos en la línea de estimar flujos horarios y ver la aplicabilidad de los modelos ARIMA a ellos, se aplicó la metodología de Box y Jenkins a la serie de la estación 165. Se elige para esto el mes de Mayo del año 1985, el cual está prácticamente exento de valores a rellenar.



La serie fue diferenciada estacionalmente y transformada por la función logaritmo natural. El modelo que mejor ajustó, siguiendo el mismo procedimiento empleado con las series de flujo diario, fue un  $ARIMA(1,0,0)(2,1,0)^{24}$ .

Para tener una idea de la precisión de estas estimaciones, se realizó una estimación alternativa de estos valores, haciendo el promedio simple de las observaciones homólogas anteriores, es decir; se calculó el valor promedio para los días Martes, los Jueves, los Viernes y los Sábados del mes de Mayo de 1985.

En el Cuadro 3.1 se muestran comparativamente los resultados de ambos tipos de estimación, Box-Jenkins y Día Promedio para los cuatro días. En todos los casos la estimación de flujos mediante el promedio simple de los días homólogos anteriores se acerca más a los valores medidos.

CUADRO N° 3.1  
Diferencias de Flujos entre la modelación ARIMA y Promedio

DIA	MARTES		JUEVES		VIERNES		SABADO	
HORA h	ARIMA veh/h	MEDIA veh/h	ARIMA veh/h	MEDIA veh/h	ARIMA veh/h	MEDIA veh/h	ARIMA veh/h	MEDIA veh/h
07	86	40	23	20	4	19	120	12
08	176	73	65	48	23	59	304	8
09	277	20	6	20	79	64	505	19
10	234	59	52	12	30	38	381	31
11	80	9	36	37	58	29	57	105
12	58	5	45	9	81	19	68	30
13	90	9	146	102	160	20	326	24
14	103	173	16	62	177	58	291	71
15	162	203	120	13	68	90	444	58
16	127	89	16	11	141	32	234	83
17	8	49	85	69	170	6	64	17
18	53	37	44	39	142	24	102	73
19	232	114	146	138	160	49	433	16
20	316	56	222	184	46	38	---	---
21	267	114	59	85	116	29	---	---
22	91	87	283	376	383	0	---	---
23	60	5	268	332	444	8	---	---
RESUMEN DE DIFERENCIAS								
Media	142	67	96	91	134	34	256	42
Promedio	316	203	283	376	444	90	505	105

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. *Referente a los flujos:* Se encontró que el comportamiento de los flujos en las cercanías de feriados importantes (Fiestas Patrias, Navidad y Semana Santa), se deformaba todos los años de manera característica según la fiesta.

Tanto la calidad como la estabilidad en el tiempo de los datos medidos en las estaciones de conteo es buena. La mayor cantidad de datos que fue necesario remover de la serie, se debieron a factores propios de la realidad que no podían ser modelados (días feriados y fines de semana largos, accidentes que interrumpen el tránsito, etc.) más que a falta de datos.

2. *Referente al modelo encontrado:* Se ha aplicado un enfoque de semana corrida, para analizar las series de flujos, conservando la secuencia natural en que se generan los datos. Este enfoque lleva a un Modelo General del tipo,  $ARIMA(0,1,2)(0,1,1)^7$ . Este modelo es independiente de la ubicación geográfica de la estación de conteo.

Las razones expuestas permite inferir que se pudiera extender la validez de este modelo ARIMA a estaciones de conteo no-permanentes.

3. *Referente a la precisión:* Para las cinco series analizadas, los períodos de Julio y Octubre, que se pueden considerar "meses normales dentro del año" desde el punto de vista de tránsito (Cuadro N°2.3), son los períodos con las menores diferencias entre valores estimados y valores medidos.

El modelo encontrado entrega estimaciones que en general difieren en promedio entre un 5% y 10% del valor medido, lo que significa una variación en el flujo de 50 a 100 vehículos por hora.

4. *Referente al flujo horario:* Se encontró que la estimación del flujo horario para cuatro días tipo de la semana hecha a partir de los promedios, difería menos de los valores medidos que la obtenida del modelo ARIMA.

El hecho que la estimación de flujos horarios a partir de los valores de las semanas anteriores no sea una mala aproximación al valor medido, es un antecedente que refuerza la idea de desarrollar modelos ARIMA para series de flujos horarios, utilizando un enfoque de días homólogos, como los de Ferreiro e Hidalgo, (1991).

5. *Recomendaciones:* Aparece conveniente estimar el tramo de valores faltantes en la serie de flujo diario, por períodos de una semana. Los valores estimados se ingresan a la serie y se estima la semana siguiente y así sucesivamente. La razón para escoger tramos de siete días, radica en que se encontró en las estimaciones realizadas, que el error estándar alcanza un 5% al séptimo valor estimado hacia adelante, magnitud que equipara a la diferencia media de la estimación en los meses normales del año.

Se propone utilizar el procedimiento desarrollado, para extender el rango de valores de flujos vehiculares en las estaciones de conteo no-permanentes. Como se observa en las estimaciones realizadas, las diferencias máximas no crecen mucho hasta la tercera semana de predicción, por lo



que se puede extender hacia adelante tres semanas utilizando las dos semanas de medición. Pero también se puede extender el rango de valores hacia atrás, hacia los valores anteriores de la serie. Efectivamente, invirtiendo el orden de la serie, se tiene otra serie de flujos, el primer valor es ahora el último y viceversa. De esta manera se podría extender el rango de valores conocidos en cada estación de conteo no-permanente, de dos semanas a ocho semanas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen sinceramente la cooperación y buena disponibilidad prestada por la Empresa Automática y Regulación S.A. durante el procesamiento de la información y al Laboratorio de Transportes de la Pontificia Universidad de Chile durante la laboriosa tarea de recopilación de antecedentes.

## BIBLIOGRAFIA

Benjamin, J. (1986): A Time Series Forecast of Average Daily Traffic Volume. **Transpn. Res.** Vol. 20A, 51 - 60.

Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1970 y 1976): Time Series Analysis: Forecasting and Control. **Holden Day**. San Francisco.

Davis, G.A. and Nihan, N.L. (1984): Using Time Series Designs to Estimate Changes in Freeways Level of Service, Despite Missing Data. **Transpn. Res.** Vol. 18A, 431-438.

Ferreiro, O.M. (1978): Pasajeros en Taiwán: Un Ejemplo de Utilización de Modelos de Box y Jenkins. **SIGMA** Vol. 4 (4), 13 - 22.

Ferreiro, O.M. e Hidalgo, A. (1991): **Análisis de Series de Tiempo de Flujos Vehiculares Diarios en Santiago**, 1985-1989. V Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte.

Mahalel, D. and Hakkert, A.S. (1985): Time Series Model For Vehicle Speeds. **Transpn. Res.** Vol. 19B, 217 - 225.

Nihan, N.L. and Holmesland, K.O. (1980): Use of the Box and Jenkins Time Series Technique in Traffic Forecasting. **Transpn.** Vol. 9, 125 - 143.

Polhemus, N.W. (1976): Time Series Analysis of Local Fluctuations in Traffic Parameters. **Transpn. Res.** 10, 311 - 317.