

MODELACION DE INTERSECCIONES PRIORITARIAS

Alexander Schumilo R y Juan Enrique Coeymans A.
Departamento de Ingeniería de Transporte
Pontificia Universidad Católica de Chile
Vicuña Mackenna 4860 Santiago Chile

RESUMEN

La necesidad de conocer la aplicabilidad en Chile de los paquetes computacionales y los modelos para simular intersecciones prioritarias, diseñados en Inglaterra, motivó la realización de una investigación empírica en terreno.

El trabajo sintetiza los aspectos más relevantes sobre el estado del arte en intersecciones prioritarias.

Describe brevemente los experimentos realizados en terreno y entrega los resultados producidos junto con el análisis estadístico de ellos.

La curiosa analogía entre las cifras y parámetros obtenidos en Chile y los de Inglaterra así como las conclusiones y recomendaciones más relevantes completan los antecedentes que se entregan.

1. INTRODUCCION.

1.1 Objetivos y Alcances

El presente trabajo constituye la síntesis de una investigación realizada en torno a las intersecciones prioritarias urbanas.

El deseo de poder modelar la capacidad, y como consecuencia, las demoras y colas de los cruces prioritarios en Chile, llevó a realizar una investigación empírica exhaustiva en terreno, a fin de validar y calibrar las fórmulas y desarrollos sobre el tema que habían sido descubiertas y aplicadas en Inglaterra en los últimos años.

EL objetivo de este trabajo es presentar las principales consideraciones sobre el tema y entregar los resultados más relevantes obtenidos.

No se entrega ni las descripciones exhaustivas ni los antecedentes bibliográficos completos consultados asimismo tampoco los detalles de la forma en que fueron medidos y analizados los datos de terreno. Los primeros pueden consultarse en Schumilo (1987a) y los segundos en Schumilo (1987b).

1.2. Contenido

Incluyendo esta Introducción, el trabajo comprende cinco puntos.

En el segundo se entrega el telón de fondo general sobre la modelación de cruces prioritarios.

Una descripción breve de los experimentos realizados se presenta en el punto tercero.

El punto cuarto entrega los principales resultados y una comparación entre la modelación chilena y la modelación inglesa, y finalmente en el punto quinto se adjuntan las principales conclusiones y recomendaciones.

2. ANTECEDENTES PRELIMINARES

2.1. Primeras Aproximaciones al Problema.

Los primeros estudios referentes a este tipo de intersecciones, tuvieron relación con el fenómeno de colas que se presentan bajo ciertas condiciones teóricas. Tanner (1953) desarrolló un modelo simple tratando de explicar el problema de la congestión.

La simulación del comportamiento de una intersección prioritaria la formalizó el mismo Tanner (1962 y 1967); su análisis de demoras fue para una intersección compuesta de dos movimientos, en la cual el o los flujos preponderantes eran prioritarios. El asumió que ambos movimientos tienen llegadas aleatorias (Poissonianas) y que el sistema está estáticamente equilibrado (largo de cola y demora promedio por vehículo permanecen constantes). Un vehículo del movimiento no prioritario solamente se

introduciría en el movimiento prioritario si el gap ofrecido por éste (supuesto con distribución exponencial negativa con parámetro igual al flujo prioritario (Tanner 1962) o cualquiera (Tanner, 1967)), es mayor o igual que el gap mínimo critico aceptable por él.

Una mayor generalización , se tiene en las últimas formulaciones conocidas para estimar las capacidad y que fueron producidas por Plank (1964) para el caso de gaps críticos y tiempo de despeje variables. La dificultad básica que presenta la formulación de Plank radica en el hecho que es eminentemente teórica y de escasa aplicabilidad práctica, debido a lo engoroso de su expresión.

2.2. Estudios Alternativos.

Como el análisis de una intersección prioritaria mediante el método de la aceptación de gaps, presentaba dificultades cuando se querían hacer estimaciones prácticas, el TRRL asumiendo la ecuación de Tanner (1967) como solución analítica para la estimación de la capacidad de un movimiento prioritario y con el fin de simplificar los cálculos, adoptó una aproximación lineal deducida directamente de mediciones hechas a los flujos presentes en el tráfico, y cuyo análisis es independiente de las demoras y largo de cola existentes.

Dado que los datos empíricos de flujos no producen una curvatura específica, una aproximación lineal no provee un peor ajuste a los datos que la expresión dada por el gap aceptable.

Kimber (1976) en un estudio piloto realiza una serie de experiencias en cinco intersecciones del tipo T, de las cuales registra para los movimiento involucrados mediciones de flujos desagregados al minuto. Idealmente, a fin de establecer la expresión de capacidad de la vía no prioritaria, los flujos de saturación de ésta, deberían ser medidos para cada condición de demanda de la vía prioritaria, pero las observaciones en las vías públicas se limitan al caso solo de aquellas combinaciones de flujos que ocurren naturalmente y los períodos elegidos se caracterizan por presentar en la vía no prioritaria colas continuas (situación de saturación).

Los datos registrados fueron analizados mediante técnicas de regresión lineal multivariada, con el fin de calibrar el siguiente modelo lineal:

$$q(s) = q(0) - \sum_i p(i) q(i)$$

en que $q(s)$ es la capacidad del movimiento no prioritario, $q(i)$ son los flujos de los movimiento prioritarios perturbadores, $q(0)$ "flujo de saturación" del movimiento no prioritario (el flujo de saturación que habría si todos los flujos prioritarios fueran cero) y $P(i)$ los coeficientes de la regresión que indican la magnitud de la interrelación entre el movimiento prioritario i y el movimiento no prioritario. Ambos $q(0)$ y $p(i)$ dependen del layout de la intersección.

El TRRL se centró en desarrollar experiencias que aparte de la predicción de la capacidad, consideren las condiciones locales de sobrecarga

existentes y además pudieran predecir los efectos producidos ante posibles cambios en la geometría.

Visto lo anterior, el problema por lo tanto consiste esencialmente en la determinación de los coeficientes $p(i)$ y los flujos de saturación $q(\theta)$ de la ecuación inicial como función de la geometría de la intersección.

3. APLICACION AL CASO CHILENO

3.1. Introducción.

Por las razones explicadas en el punto 2, para el caso chileno la capacidad del movimiento es asumida como función explícita de los flujos prioritarios y de las características geométricas de la intersección. El problema consiste esencialmente en determinar los coeficientes de la expresión lineal en función de la geometría de la intersección, por lo que el análisis puede ser dividido en dos partes: en primer lugar determinar cual de los flujos prioritarios afecta al movimiento no prioritario dado, y en segundo lugar desarrollar las relaciones geométricas especificando a los coeficientes que afecta.

Las fórmulas producidas por Kimber (1976 y 1980) en el TRRL respecto a la expresión a calibrar, se aceptan bajo la hipótesis de que las diferencias de conductas y/o procedimientos de nuestros conductores, se verá reflejada en los distintos parámetros a calibrar manteniendo la misma estructura original de la expresión dada por Kimber (1980).

La expresión a calibrar para un movimiento no prioritario es en nuestro caso:

$$Q(s) = X\{Q(\theta) - Y \sum_i p(i) Q(i)\} + Z \quad (3.1)$$

en que:

$Q(s)$ = capacidad movimiento no prioritario

$Q(\theta)$ = flujo de saturación movimiento no prioritario

$Q(i)$ = flujos movimientos prioritarios involucrados

$p(i)$ = parámetros de tráfico

X , Y y Z representan funciones de los parámetros geométricos.

Especificamente se puede decir que:

- 1) Una variación de X corresponde a cambios proporcionales en la capacidad y contiene términos como $(1 + bw)$, en donde w es el ancho de vía de un movimiento no prioritario (medido con respecto a algún valor nominal, generalmente el promedio) y b es un parámetro a determinar; también puede contener términos como $(1 + aV)$ en donde V representa la visibilidad del conductor no prioritario hacia las vías prioritarias (medido respecto a algún valor nominal, generalmente el promedio, y a es un parámetro a calibrar).

- ii) Una variación de Y representa cambios en la magnitud al cual un flujo prioritario dado inhibe la capacidad, por lo que contiene términos parecidos a $(1 + jw)$, en donde W es el ancho de la vía prioritaria y j un parámetro a calibrar. Evidentemente w y W varían en cada intersección.
- iii) Una variación en Z representa cambios en el flujo de saturación de una configuración a otra.

3.2. Tipo de Intersecciones.

Se usó para el estudio las formas más clásicas de intersección prioritaria, la intersección tipo T y la de cruce:

En las figuras 1, 2 y 3 se observa las intersecciones y movimientos generados en ellas; y la nomenclatura empleada.

3.3. Movimientos a Estudiar.

De las configuraciones existentes puede deducirse que son cuatro los movimientos no prioritarios que se presentan, para ser estudiados cada uno según sus propias características. Estos movimientos son:

- i) Giro derecha no prioritario
- ii) Giro izquierda no prioritario
- iii) Giro izquierda flujo encontrado
- iv) Cruce no prioritario.

3.4. Definición de los Movimientos.

i) Giro derecha no prioritario.

Aspectos geométricos:

Las principales características geométricas que afectan la capacidad del movimiento no prioritario son:

- i) Ancho de la vía que contiene a los movimientos prioritarios (W)
- ii) Ancho de la vía que contiene al movimiento no prioritario (w)
- iii) Visibilidad del movimiento no prioritario hacia la izquierda (VI).

Con estas variables y calibrando una serie de parámetros tales como $q(\theta)$, j, A_1 , A_2 , H_1 y H_2 podemos formular la siguiente expresión para estimar la capacidad de un movimiento de giro a la derecha no prioritario

$$Q_{cb}(s) = X_2 \{ q(\theta) - (1 - jw)(A_1 Q_{ab} + A_2 Q_{ac}) \} \quad (3.2)$$

en que

$$X_2 = (1 + H_1(w - K_1))(1 + H_2(VI - K_2))$$

K_1 representa el valor promedio del ancho de vía no prioritario y K_2

el promedio de visibilidad hacia la izquierda respectivamente

W en [mt] ; w en [mt] ; VI en [mt]

iii) Giro izquierda no prioritario

Los aspectos geométricos que afectan la capacidad del movimiento no prioritario son las mismas del caso anterior, solo que en este giro también entra un cuarto factor, visibilidad del movimiento no prioritario hacia la derecha (VD).

La formulación queda:

$$Q_{ca}(s) = X_1(Q(0) - (1 - jW)(A_1Q_{ab} + A_2Q_{ac} + A_3Q_{bc} + A_4Q_{bd})) \quad (3.3)$$

en que:

$X_1 = (1 + H_1(W - K_1))(1 + H_2(VD - K_2))(1 + H_3(VI - K_3))$ y
 K_1 , K_2 y K_3 representan el valor promedio del ancho de vía no prioritario, de visibilidad hacia la derecha y visibilidad hacia la izquierda respectivamente, los otros parámetros son análogos al caso anterior.

iii) Giro Izquierda flujo encontrade.

Para este movimiento, se presentaron dificultades técnicas a fin de materializar una muestra representativa, por lo cual no se consideró su análisis en esta primera etapa.

iv) Cruce no prioritario

Aspectos geométricos.

Las principales características geométricas que afectan la capacidad del movimiento no prioritario son los anchos de las vías (W y v) como en los casos anteriores y las visibilidades a izquierda y derecha.

Con estas variables y calibrando los parámetros $Q(0)$, j , A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , H_1 , H_2 y H_3 se puede dar la expresión para la capacidad del movimiento de cruce no prioritario:

$$Q_{cd}(s) = X_1(Q(0) - (1 - jW)(A_1Q_1 + A_2Q_{ac} + A_3Q_{bc} + A_4Q_2)) \quad (3.4)$$

en que:

$$X_1 = (1 + H_1(W - K_1))(1 + H_2(VI - K_2))(1 + H_3(VD - K_3))$$
$$Q_1 = (Q_{ab} + Q_{ad}) ; Q_2 = (Q_{ba} + Q_{bd})$$

y K_1 , K_2 , y K_3 representan los valores promedios del ancho de vía no prioritario y de visibilidad hacia la izquierda y hacia la derecha respectivamente. Los parámetros W , v , VI y VD tienen dimensión en metros.

3.5. Mediciones Realizadas.

Para el caso en estudio se hicieron conteos de flujos en las intersecciones, para cada movimiento que afecte la capacidad del movimiento no prioritario que se investigaba. La capacidad es alcanzada cuando el movimiento está saturado, es decir cuando se está en presencia de colas continuas. Esta imposición permite que cada movimiento sea evaluado sobre cualquier período de tiempo arbitrario. A fin de asegurar un adecuado rango de variación de los flujos prioritarios y dado que la presencia de colas continuas es escasa, se adoptó un intervalo de 30 [seg] de duración, y se usaron en el análisis solamente períodos en el cual hay colas continuas e independientes entre sí. Los flujos después se transformaron a unidades consistentes de [veh-eq/hora].

Para realizar estas mediciones manuales se utilizó un equipo de video, con el cual se filmó las movimientos para su análisis posterior.

3.6. Clasificación de los Vehículos.

Los vehículos se clasificaron como livianos (con tres o cuatro neumáticos) o como pesados (más de cuatro neumáticos).

Para la calibración de la capacidad se transformaron a veh-equivalentes, los flujos de vehículos pesados, de tal manera que:

$$Q(s) = QL(s) + 2 * QP(s) \text{ [veh-eq/unidad de tiempo]} \quad (3.5)$$

en que:

$$Q(s) = \text{capacidad movimiento no prioritario, con } QL(s) \text{ y } QP(s) \text{ flujos componentes de vehículos livianos y pesados.}$$

3.7. Características del Tráfico.

Además de las características geométricas, existen condiciones que regulan los flujos de tráfico que circulan por la intersección. La principal restricción a considerar es los flujos prioritarios que confluyen a la intersección tengan una variedad grande. Por esto, se exigió que la intersección semaforizada más próxima (en la vía prioritaria) se encuentre por lo menos a 250 [mt] con el objeto de disipar medianamente el efecto de pelotón y asegurar un mínimo de aleatoriedad. Para los flujos no prioritarios no es necesaria ninguna condición de aleatoriedad.

El TRRL en investigaciones simultáneas que está realizando informó verbalmente que no había evidencia empírica que la no aleatoriedad influya fuertemente en la determinación de la capacidad.

3.8. Intersecciones Seleccionada.

En la tabla 3.1 se detallan las intersecciones estudiadas.

Tabla 3.1. Intersecciones prioritarias medidas.

Intersección	Via Prioritaria / Vía no Prioritaria
1	San Francisco/Alonso Ovalle
2	Carmen/Marcoleta
3	Dominica/Avda. Perú
4	Rancagua/Condell
5	Marín/Avda. Bustamante
6	Sta. Elena/Maule
7	Hernando de Magallanes/Martín de Zamora
8	Cerro Colorado/Parque Arauco
9	Avda. Pte. Kennedy/La Llavería
10	Pte. Riesco/Gerónimo de Alderete
11	Avda. Echeñique/Santa Rita
12	Avda. Francisco Bilbao/Florencio Barrios
13	Andrés Bello/Padre Mariano
14	Avda. Pocuro/Luis Thayer Ojeda
15	Avda. Chile España/Cervantes
16	José Domingo Cañas/Eyzaguirre
17	Balmaceda/Francisco J. Vera
18	Barros Luco/Balmaceda

Las características geométricas medidas en las intersecciones anteriores fueron los anchos de las vías prioritarias y no prioritarias, los gradientes positivos y negativos y las distancias de visibilidad a izquierda y derecha.

De los datos recogidos se desprende que

$$\begin{aligned}K_1 &= 3.55 \text{ [mt]}; \\K_2 &= 36.0 \text{ [mt]}; \\K_3 &= 40.0 \text{ [mt]}\end{aligned}$$

para el caso inglés las valores son:

$$\begin{aligned}K_1 &= 3.60 \text{ [mt]}; \\K_2 &= 120 \text{ [mt]}; \\K_3 &= 150 \text{ [mt]}\end{aligned}$$

Finalmente hay que remarcar que se obtuvo en promedio alrededor de 43 muestras por cada intersección a estudiar, llegando a un total de 1059 muestras útiles en todo el experimento.

4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION Y RESULTADO

4.1. Procesamiento

Se empleó el paquete estadístico SAS implementado en el VAX 8600 de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Dentro de él, se usó el procedimiento NLIN.

El procedimiento NLIN estima los parámetros de un modelo no lineal mediante la búsqueda de mínimos cuadrados, en lugar de una simple lista de variables a regresionar se debe entregar la expresión, declarar el nombre de los parámetros, suponer valores iniciales a ellos y especificar las derivadas del modelo con respecto a los parámetros.

NLIN evalúa la suma residual de los cuadrados para cada combinación de valores dentro de la serie de valores iniciales dados, para determinar el mejor set de valores para comenzar el algoritmo iterativo. El procedimiento iterativo que usa es el método modificado de Gauss-Newton.

4.2. Resultados.

En la Tabla 4.1. se entregan la comparación de los valores obtenidos en Chile con aquellos producidos en Inglaterra.

Tabla 4.1. Comparación valores de parámetros en Chile y UK.

Parámetro (*)	Valor Estimado inglés	Valor Estimado local	% Variación
J	0.0345	0.0291	-16
A ₁	0.3640	0.3530	-3
A ₂	0.1440	0.1670	+16
A ₃	0.5200	0.5590	+ 8
A ₄	0.2290	0.2590	+ 13
H ₁	0.0940	0.0990	+ 5
H ₂	0.0009	0.0033	(**)
H ₃	0.0006	0.0000	(**)
Q _B A	745	796	+ 7
Q _B B	627	661	+ 5
Q _B C	627	723	+15

(*) : Definidos anteriormente

(**) : Caso no comparable, a consecuencia que los valores promedios para las visibilidades son significativamente distintos.

Es posible concluir que las estimaciones en ambos casos no tienen una diferencia significativa. No fué posible realizar el análisis estadístico de esas diferencias por no disponer en el TRRL de Inglaterra de las varianzas de los parámetros ajustados.

Las únicas diferencias notables son las de los parámetros de la visibilidad. El rango pequeño de las visibilidades chilenas, ya que no hay mayor preocupación por el mejoramiento físico y operacional de los cruces prioritarios, contribuyó decisivamente a estas diferencias. En todo caso su incidencia es muy pequeña en las fórmulas generales de capacidad.

4.3 Análisis Estadístico de los Resultados.

Los resultados que se obtienen luego de aplicarse el procedimiento NLIN fueron analizados estadísticamente para asegurar el mejor ajuste. Las herramientas que entrega NLIN son las siguientes:

- 1) Una tabla de análisis de varianza que incluye la suma de cuadrados debido a la regresión y al residuo independientemente. Obviamente que mientras menor sea el residuo, menor es la suma de los cuadrados y mayor es la parte explicada por el modelo y por consiguiente mejor es el ajuste. Este análisis es el más importante y corresponde al criterio de decisión de NLIN en la elección del mejor conjunto de parámetros estimados. Para las ecuaciones locales los resultados son los que se entregan en la tabla 4.2

Tabla 4.2 Porcentaje de explicación

Movimiento de cruce no prioritario

[%]

	Suma de Cuadrados	Explicado
Regresión	138955819.76	75.8
Residuo	44185080.24	24.2
Total	172814400.00	

Movimiento de giro derecha no prioritario

[%]

	Suma de Cuadrados	Explicado
Regresión	116069321.17	82.1
Residuo	25399078.83	17.9
Total	1414684001.00	

Movimiento de giro izquierda no prioritario

Suma de Cuadrado [%]
 Explicado

	Suma de Cuadrado	[%]
Regresión	315111758.47	77.3
Residuo	9269041.52	22.7
Total	40780888.00	

Como se puede visualizar la parte explicada para las tres ecuaciones es notoriamente significativa, indicando que las ecuaciones están especificadas en forma correcta.

- iii) Para la regresión y el residuo se entrega el cuadrado medio, cuyo cuociente corresponde al test F(prueba de Fischer). F es la razón entre dos estimaciones independientes de la varianza; lo que se trata es de examinar si la variabilidad debida a la regresión es mayor, menor o igual que la variabilidad residual.

La prueba de significación es:

Si $F(\text{experimento}) >= F(\text{tabla})$ significa que hay un claro efecto de las variables independientes a un nivel de significación dado.

Si $F(\text{experimentado}) < F(\text{tabla})$ se puede decir que las variables independientes no aportan información suficiente en la predicción del modelo.

En la Tabla 4.3. se adjuntan los valores para cada caso.

* Tabla 4.3: Test de Fischer

Movimiento No Prioritario	$F(\text{experimento})$	$F(\text{tabla})$ 99% confianza
Cruce	168	2.41
Giro Derecha	74	2.88
Giro Izquierda	277	2.41

Los valores obtenidos reflejan un gran efecto de las variables independientes en la ecuación calibrada con un 99% de confianza, lo cual es excelente.

- iii) Para cada parámetro NLIN entrega el valor estimado y su error standard asintótico (el cual debe ser el menor posible indicando un mejor ajuste), y entrega además un intervalo de confianza asintótico al 95% indicando los límites superior e inferior para el cual el parámetro se encuentra con un 95% de probabilidad. Con estos antecedentes se usa el test t de Student; para este caso corresponde utilizar la distribución normal (muestra grande con $n >= 30$), el que se obtiene mediante el cuociente entre el valor estimado y su error standard asintótico.

La prueba de significación es:

Si $Z(\text{experimento}) <= Z(\text{tabla})$, se acepta la hipótesis de que la estimación del parámetro es significativa en la predicción del modelo, es decir es significativamente distinta de cero en la predicción del modelo.

Si $Z(\text{experimento}) < Z(\text{tabla})$, se acepta la hipótesis de que el parámetro no contribuye significativamente a la predictibilidad del modelo.

Los test t para cada parámetro se adjuntan en la Tabla 4.4.

Tabla: 4.4 Resultados test t para los parámetros

Parámetro (X)	Movimiento	No	Prioritario
	Cruce	Giro	Giro
	Izquierda	Derecho	
Q ₈	13.03	5.38	19.18
J	3.48	1.64	2.21
A ₁	7.18	3.29	4.49
A ₂	0.59(*)	0.83(*)	1.30
A ₃	1.28	0.98(*)	-
A ₄	2.22	2.76	-
H ₁	2.92	0.52(*)	3.62
H ₂	0.53(*)	0.34(*)	3.06
H ₃	(**)	-	-

(X) Definidos en el punto 3

(*) Casos en que el parámetro no contribuyó en la predictibilidad del modelo para un nivel de significación de un 80% a lo menos.

(**) Caso no establecido por no ser significativo en el modelo.

6. CONCLUSIONES.

Las principales conclusiones pueden resumirse como sigue:

- a) Los parámetros de las fórmulas inglesas para capacidad de movimientos no prioritarios son del mismo orden de magnitud que los parámetros obtenidos en el caso chileno.
- b) No se ha realizado un análisis estadístico de las diferencias entre los parámetros chilenos y los ingleses por imposibilidad de tener los antecedentes de estos últimos.
- c) Los parámetros chilenos en todo caso son el mejor promedio para la situación nacional, y serán empleados no sólo en la estimación de capacidades sino en las fórmulas derivadas de demoras y colas que forman parte del paquete computacional PICADY (Semmens, 1980; Semmens y Taylor, 1985).
- d) Al utilizar las fórmulas calibradas para Chile en PICADY, puede afirmarse que ese PICADY es un paquete validado para el caso chileno.
- e) Las diferencias observadas en los parámetros de las visibilidades (a derecha e izquierda) se han producido por el pobre rango de las visibilidades chilenas en cruces prioritarios, subproducto a su vez del escaso interés en perfeccionar este tipo de intersecciones.
- f) La significancia estadística de las fórmulas calibradas es bastante alta.
- g) La cercanía de los parámetros chilenos e ingleses estarían mostrando que ante este tipo de mecanismos de control de intersecciones la conducta y el comportamiento de los usuarios es muy análoga.

h) Es recomendable y útil el emplear este PICADY nacional para el diseño y mejoramiento de cruces prioritarios relevantes, y volver a efectuar mediciones con rangos mayores (al haber más variedad de layouts) de cada uno de los parámetros involucrados. De esta forma será posible ir puliendo paulatinamente los parámetros nacionales y acercándose a diseños y simulaciones más realistas y precisos.

REFERENCIAS

- KIMBER, R.M. (1976). The capacity of some major/minor priority junctions. TRRL Report LR735, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne.
- KIMBER, R.M. and R.D. COOMBE (1980). The traffic capacity of major/minor priority junctions. Department of the Environment Department of Transport, TRRL Report SR582, Crowthorne.
- KIMBER, R. M. (1980). The traffic capacity of roundabouts. Department of the Environment. Department of Transport. TRRL Report LR942. Crowthorne.
- PLANK, A. W. and E. A. CATCHPOLE 1984. A general capacity formula for an uncontrolled intersection. Traffic Eng. Control, 25 (6), 327-329.
- SEMMENS, M. C. (1980). PICADY: A computer program to model capacities, queues and delays at major/minor junctions. Department of the Environment Department of Transport, TRRL Laboratory Report 941, Crowthorne.
- SEMMENS, M.C. and M. E. TAYLOR (1985). ARCADY2 and PICADY2: enhanced versions of TRRL programs for use in junction design. Traffic Engineering, Control, 26(5), 271-272.
- TANNER, J. C. (1953) A problem of interference between two queues. Biometrika, 40, 58-69.
- TANNER, J.C. (1962) A theoretical analysis of delay at an uncontrolled intersection. Biometrika 49, 163-170.
- TANNER, J.C. (1967). The capacity of an uncontrolled intersection. Biometrika 54,(3), (4), 657-658.
- SCHUMILO, A.(1987 a). Modelación de intersecciones prioritarias, memoria de grado para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile (en prensa).
- SCHUMILO, A.(1987 b). Modelación de Intersecciones Prioritarias: estado del arte. Documento de Trabajo N° , Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.

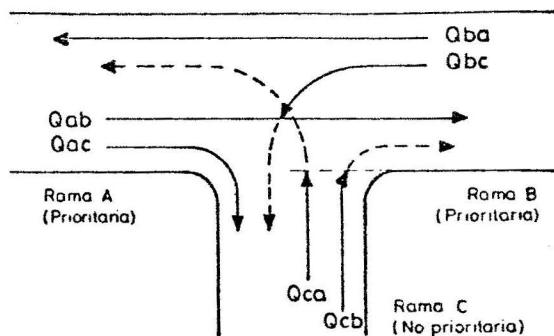


Fig. 1: Movimientos en nodo T prioritario

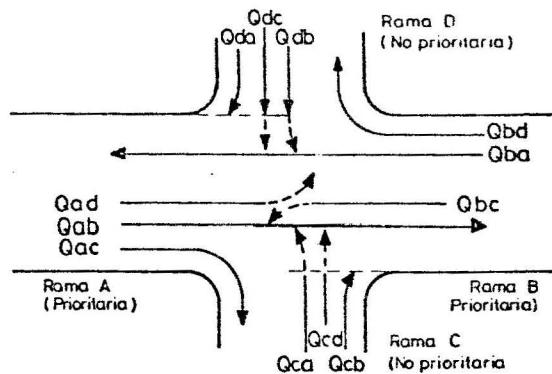


Fig. 2: Movimientos en cruce prioritario

Código Categoría y tipo intersección	Movimientos no prioritarios	Movimientos prioritarios	Movimientos no prioritarios
Código Categoría y tipo intersección	Movimientos no prioritarios	Movimientos prioritarios	Movimientos no prioritarios
1	Ocb		
2	Ocb y Oca		
3	Ocb y Oca con mediana		
4	Ocb, Oca y Obc		
5	Ocb y Oca, Obc con mediana		
6		Ocb y Oca	
7		Ocb, Oca, Ocb y Oca	
8		Ocb y Oca, Ocb, Oca con mediana	
9		Ocb, Oca, Ocb, Oca, Oca y Ocb	

Fig. 3: Movimientos prioritarios y no prioritarios