

---

## **DETERMINACION DE PARAMETROS EN LA MODELACION DE PARADEROS PARA TRANSANTIAGO**

Eduardo Valenzuela Freraut y Francisco González Romero  
APIA XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores S.A.  
Avda. 11 de Septiembre 1860 Oficina 45, Providencia, Santiago, Fax: 2317349  
evalenzuela@apiaxxi.es

Rodrigo Fernández Aguilera  
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile  
Casilla 228/3, Santiago, Fax: 6718788  
rodferna@ing.uchile.cl

### **RESUMEN**

Este artículo presenta los parámetros de modelación asociados con la operación esperada en los paraderos de buses de Transantiago. Se muestran aspectos como la longitud de los sitios en áreas de parada, flujos de saturación según tipo de bus, tasas de aceleración y frenado y modelo de tiempo detenido por pasajeros, considerada al momento de modelar la operación de las estaciones de trasbordo de Transantiago. Se incluye, además, los resultados de las capacidades de atención de vehículos en paraderos que se espera se produzcan al funcionar las nuevas tecnologías de buses en Santiago. Los resultados indican que los proyectos de cambio tecnológico, por sí solas, no necesariamente implicarán mejoras significativas en la operación de los paraderos. Por ende, se concluye que una ingeniería de detalle cuidadosa deberá aplicarse a caso a caso, antes de la puesta en marcha del proyecto.

## 1. INTRODUCCION

Diversas investigaciones (Gibson et al, 1989; Gibson y Fernández, 1995; Fernández y Valenzuela, 2003) y estudios prácticos (Universidad de Chile, 2000; APIA XXI, 2003), han demostrado que el principal cuello de botella para la circulación del transporte público son sus paraderos. Por lo tanto, mejorar las operaciones en los paraderos es un aspecto clave para mantener un buen nivel de servicio del transporte público.

En esta línea de investigación, se ha señalado que los diseños óptimos de paraderos varían según el tipo de tecnología considerada (Gibson et al, 1989; Valenzuela et al, 2001), siendo muy diferentes los rendimientos de paraderos de taxis colectivos, taxibuses y tuses. Por lo tanto, la inclusión de nueva tecnología considerada por Transantiago (buses articulados, de piso bajo y tres puertas), influye directamente en los modelos desarrollados hasta la fecha, siendo necesaria su modificación y/o actualización en estos casos.

El propósito de este trabajo es examinar este último aspecto a partir de observaciones realizadas en los principales corredores de transporte público de América Latina. El siguiente capítulo contiene la descripción de las variables de análisis consideradas y de la recolección de datos. En el capítulo 3 se presentan los resultados operacionales que se espera se produzcan al funcionar estas nuevas tecnologías en Santiago. Finalmente, en el capítulo 4 se presentan las conclusiones y líneas de investigación futuras.

## 2. MODELACION DE PARADEROS

### 2.1. Enfoques Actuales

La modelación a nivel de paraderos individuales ha sido abordada por diversos investigadores, ya sea mediante aproximaciones empíricas (Szász et al, 1978; TRB, 2000) o mediante simulación (Gibson et al 1989; Fernández, 1999), siendo ésta última la línea de desarrollo adoptada predominantemente en Chile.

La aproximación mediante simulación considera la representación detallada de las operaciones que tienen lugar en un paradero aislado compuesto por uno o más sitios. Por el carácter complejo, estocástico y dinámico del funcionamiento de un paradero de múltiples sitios y dada la diversidad de situaciones de operación, se han desarrollado dos modelos de simulación: IRENE 4.2 y PASSION 4.2, para abordar este problema.

La principal diferencia entre ambos modelos radica en que IRENE no considera los efectos sobre los pasajeros, ni formas de llegadas de los buses al paradero que no sean a intervalo constante o según una distribución exponencial desplazada. PASSION, por su parte, supera estas limitaciones, pero, al momento de este estudio, sólo podía modelar paraderos de un sitio. Si bien hubiese sido mejor utilizar PASSION en lugar de IRENE, su restricción de sitio único, poco probable en paraderos con alto flujo de buses como los de Transantiago, inclinó la decisión por el modelo IRENE versión 4.2, desarrollada en la Universidad de Chile (Canales,



1998). Actualmente, sin embargo, la versión 5 de PASSION permite la modelación de paraderos con sitios múltiples (Moreno, 2004).

## 2.2. Descripción del Experimento

La información básica para el análisis corresponde a la demanda de pasajeros y de buses, la cual fue obtenida del modelo de diseño denominado escenario 9. De estos resultados se obtuvo los rangos en los cuales se encuentran cada una de las variables de la modelación, los que se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 1: Rangos de demanda para paraderos**

Tipo Servicio	Frecuencia Vehículos (bus/h)		Demanda de Subida (Pax/bus)		Demanda de Bajada (Pax/bus)		Tasa de Ocupación (pax/bus)		
	Mínimo	Máximo	Máximo	Media	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
Alimentador	30	300	77	3	75	3	30	90	20
Troncal	50	410	120	5	98	4	0	160	50

FUENTE: Escenario 9 del modelo estratégico de Santiago

Con estos datos se generaron combinaciones posibles de modelar para las frecuencias, demandas de subida y de bajada, esto para los servicios Troncales y Alimentadores, así se obtuvieron cerca de 43.000 combinaciones factibles.

Una vez definidas las combinaciones factibles se analizaron y definieron los parámetros a utilizar para la modelación. Estos parámetros estuvieron basados en las definiciones que requiere el modelo de simulación de operaciones en paraderos y que a continuación se detallan.

### 2.2.1 Longitud de sitios según tipo de bus

La longitud de sitios de un paradero depende principalmente de la longitud del vehículo que se detendrá en el área de parada. En caso de sitios múltiples, se requiere un espacio adicional mínimo para maniobras de adelantamiento en los sitios aguas arriba del primero. Esto aumenta la capacidad del paradero y disminuye la posibilidad de formación de colas.

Varias publicaciones (Fernández, 2004; Fernández y Planzer, 2002; Fernández, 2001; Fernández, 1999; Fernández y Salamanca, 1999) han recomendado que esta separación sea de 3 a 6 m para buses de 12 m de largo, de acuerdo con la experiencia brasileña y británica. Otras publicaciones recomiendan una separación entre sitios de 2 a 3 m (MIDEPLAN, 1988). Sin embargo, no se reporta en la literatura experiencias de campo sobre maniobras de buses de 12 m en Chile.

Por otra parte, recientes experimentos realizados en Chile con buses similares a los que usará Transantiago en vías troncales indican que: (a) para que un bus articulado de 18 m no ocupe parte de la tercera pista al adelantar a otro detenido en el sitio aguas abajo, se requiere una separación de 6 m entre sitios; y (b) para un bus no articulado de 15 m la separación requerida

se reduce a 4 m. Extrapolando, para un bus no articulado de 12 m la separación necesaria es de 3,2 m. Estos antecedentes confirman las hipótesis de Fernández (2001).

En resumen, como norma general se consideró:

- En paraderos de sitio único la longitud del sitio debe ser igual a la mayor longitud del bus que se detendrá. Sea éste el vehículo de diseño.
- En paraderos de sitios múltiples, la longitud del primer sitio debe ser igual a la del vehículo de diseño. Los restantes sitios deberán tener un largo adicional igual a un tercio del primer sitio.
- En casos excepcionales, se permitirá que los sitios aguas arriba del primero tengan un largo adicional igual a un cuarto del primer sitio.

### 2.2.2 Flujo de saturación de la pista de buses

Investigaciones realizadas por Bartel et al (1997) encontraron que para buses estándar (10 a 12 m de largo) su intervalo mínimo en la pista derecha (pista del paradero) es de 3,125 [s/bus]; es decir, 1.152 [bus/h]. Además, Gibson et al (1997) encontró que el factor de equivalencia del bus directo depende del tipo de pista, de su ancho y del período de análisis. Así, para la pista derecha:

$$f_{BD} = \begin{cases} 1,784f_a, & \text{punta mañana} \\ 1,678f_a, & \text{fuera de punta} \end{cases} \quad (1)$$

con  $f_a = 1 + 0,058(w - 3,0)$

Donde  $f_{DB}$  es el factor de equivalencia del bus directo [ADE/bus] y  $f_a$  es un factor adimensional de corrección, dependiente del ancho de pista  $w$  [m].

Luego, para una pista estándar de 3,5 m de ancho el factor de equivalencia del bus directo resulta 1,836 para la punta mañana y 1,727 en fuera de punta. Si se aplican estos factores a los flujos de saturación básicos encontrados por Gibson et al (1997), resultan flujos de saturación idénticos en la punta mañana y en fuera de punta de 1.119 [bus/h].

Por lo tanto, para todo fin práctico se puede utilizar un flujo de saturación de 1.120 buses por hora para buses estándar circulando por la pista del paradero.

Pero, como es sabido, el flujo de saturación es el inverso del intervalo mínimo entre vehículos. Y éste está compuesto de dos partes: la brecha mínima entre vehículos y el tiempo de recorrido del largo del vehículo. Ante ausencia de investigaciones con otros tipos de vehículos en Chile (y, hasta donde se sabe, en el resto del mundo), se puede asumir que el intervalo entre buses es proporcional a su longitud.

En consecuencia, para una pista estándar de 3,5 m se consideraron los siguientes flujos de saturación:



- a) Para buses de 12 m: 1.120 [bus/h-pista]
- b) Para buses de 15 m: 900 [bus/h-pista]
- c) Para buses de 18 m: 750 [bus/h-pista]

### 2.2.3 Modalidad de operación del paradero

La modalidad de operación del paradero se refiere en IRENE a tres aspectos: (a) si en el paradero se permite o no salir por la pista adyacente; (b) si existe o no existe congestión en el andén; y (c) si las detenciones para transferir pasajeros son o no únicas y, de ser únicas, si se producen en el sitio más próximo a la salida o no. Estos no son “parámetros”, estrictamente hablando, pero constituyen características de operación que se mantienen fijas para toda la simulación de la operación de los paraderos.

En nuestro caso, la modalidad de operación de los paraderos de Transantiago estuvo basada en los siguientes supuestos:

- a) Se permite salir por pista adyacente.
- b) No existe congestión en el andén.
- c) Detención única para transferencia de pasajeros en el primer sitio.

El primero de ellos se relaciona con la longitud de los sitios en paraderos de sitios múltiples, discutido más arriba. El supuesto de ausencia de congestión en el andén se basa en la modalidad ordenada que se espera para el funcionamiento de una estación de transferencia bien diseñada; no obstante, podría ser levantado en paraderos críticos. Finalmente, producto de un diseño formal, se espera minimizar las detenciones por transferencia de pasajeros y que estas se hagan en el sitio disponible más próximo a la salida.

Por todo lo expuesto, resulta obvio que los paraderos que se modelarán son formales, con sus andenes segregados del flujo peatonal.

### 2.2.4 Modalidad de operación de los buses

La modalidad de operación de los buses considera en IRENE tres características genéricas, válidas para toda la modelación: (a) forma de llegada de los buses al paradero (aleatoria o a intervalo constante); (b) si todos los buses de la ruta deben necesariamente pasar por el área de parada o no; y (c) si las puertas de los buses tendrán o no usos especializados (unas para subir y otras para bajar, o se sube y baja por cualquier puerta).

Al igual que en el caso de la modalidad de operación del paradero, por tratarse de paraderos formales con diseños apropiados a la demanda, se consideró que:

- a) El intervalo de llegada entre buses será aleatorio.
- b) Todos los buses deben pasar por el área de parada.
- c) Las puertas tendrán usos específicos.

La primera suposición se basa en que, aún cuando se espera contar con un sistema de buses organizado, la posibilidad de lograr llegadas a intervalos constantes es muy difícil en sistemas de transporte público de superficie que comparten la plataforma vial con el resto del tráfico (v.g., buses, tranvías). Sólo se consigue en sistemas de metro – subterráneo o elevado – y control centralizado de tráfico.

El requisito de que todos los buses pasen por el área de parada, ya sea que transfieran pasajeros o no, es un supuesto conservador por dos motivos. Primero, porque en un sistema de alta demanda como Transantiago, la posibilidad de que algún vehículo no transfiera pasajeros es remota. Segundo, porque los buses tenderán a pasar por la pista del paradero buscando pasajeros; si no lo hacen, las estimaciones de capacidad del paradero serán levemente subestimadas, lo que es ventajoso para fines de diseño.

Por último, el uso de puertas específicas para subir y bajar es la condición por defecto de todo sistema de buses organizado, lo que se verá reforzado por sistemas de cobro a la subida del vehículo.

### **2.2.5 Tasas de frenado y aceleración por tipo de bus**

Estudios previos sobre las tasas de frenado y aceleración en paraderos de buses fueron realizados en Santiago de Chile a fines de la década de 1980 (ver Gibson et al, 1989). En estos trabajos, se encontró distintos valores según la operación que realizaba el vehículo. Por ejemplo,  $1,2 \text{ [m/s}^2\text{]}$  en detenciones para bajar pasajero y  $0,9 \text{ [m/s}^2\text{]}$  en otras; además una razón de 1,3 entre las tasas de frenado y aceleración, es decir, una aceleración de  $1,17$  a  $1,56 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . Estos valores se encuentran incorporados como parámetros por defecto en el modelo IRENE 4.2. Posteriormente, otros valores vinieron a comprobar en alguna medida los anteriores (Fernández y Peñailillo, 2000): tasas de  $1,45 \text{ [m/s}^2\text{]}$  de frenado y  $1,65 \text{ [m/s}^2\text{]}$  de aceleración.

No obstante, en la nueva realidad de Transantiago, se esperan condiciones distintas a las del comportamiento desordenado de los tiempos de la desregulación del transporte público en Chile. En particular, por el mayor tamaño de los vehículos, el uso de cajas de cambio automáticas y la preocupación por la comodidad de los pasajeros, sugiere utilizar tasas de aceleración y frenado iguales y similares a sistemas ferroviarios (metros o tranvías) operando en condiciones de confort para los pasajeros. Es decir,  $0,13g$ , siendo  $g$  la aceleración de gravedad; equivalentemente,  $1,27 \text{ [m/s}^2\text{]}$ .

### **2.2.6 Moda de detenciones principales en operaciones bifuncionales**

Este es un parámetro muy específico de modelación, necesario por la característica estocástica de IRENE. Se refiere al número más frecuente de detenciones que realizará un bus en un paradero la primera vez que se detiene para que suban y bajen pasajeros.

Se espera que en paraderos formales, los vehículos realicen una única y eficiente detención. Por lo tanto, se recomienda usar una distribución geométrica del número de detenciones con



moda igual a 1,0 tanto para subidas como bajadas de pasajeros. Asimismo, el número medio de detenciones por bus se asumirá igual a 1,0.

### 2.2.7 Tiempo de transferencia de pasajeros

El modelo que considera IRENE 4.2 es el siguiente:

$$t_{pi} = \beta_0 + \beta'_0 \delta_1 + \max_j \{ \beta_1 + \beta'_1 \delta_1 + \beta''_1 \delta_2(i) \} p_{sij} + \{ \beta_2 \exp(-\beta'_2 p_{bij}) + \beta''_2 \delta_3(i) \} p_{bij} \quad (2)$$

Donde:

$t_{pi}$  : tiempo de permanencia por transferencia de pasajeros del bus i [bus-s/bus]

$p_{sij}$  : número de pasajeros que sube del bus i por la puerta j.

$p_{bij}$  : número de pasajeros que baja del bus i por la puerta j.

$\delta_1$  : variable muda que vale 1 si el andén está congestionado; 0 en otro caso.

$\delta_2(i)$  : variable muda que vale 1 si al bus i sube 4 ó más pasajeros; 0 en otro caso.

$\delta_3(i)$  : variable muda que vale 1 si el bus i va lleno; 0 en otro caso.

$\{\beta_k\}$  : vector de parámetros a estimar.

Los parámetros por defecto son los detallados en siguiente tabla.

**Tabla 2: Parámetros por defecto para el tiempo de permanencia**

Parámetros	Unidades	Tipo de andén	
		Segregado	No segregado
$\beta_0$	[s]	0	1,17
$\beta'_0$	[s]	2,34	-
$\beta_1$	[s]	2,99	3,48
$\beta'_1$	[s]	0,40	0,34
$\beta''_1$	[s]	0,43	0,78
$\beta_2$	[s]	2,00	1,44
$\beta'_2$	[pax]-1	0,035	-
$\beta''_2$	[s]	1,14	0,76

FUENTE: Canales, 1998

Por lo tanto,  $t_{pi}$  depende del número, diseño y funcionamiento de las puertas; del sistema de cobro de tarifas; y de otros factores de comportamiento.

Para el caso de vehículos mayores, tales como buses articulados, hasta donde se sabe no existen trabajos de investigación formales, salvo experimentos informales realizados por los autores en la ciudad de Quito, Ecuador, en donde se han verificado tiempos muertos del orden de los 12 s por detención de un bus articulado con tres puertas a nivel de andén de 2,0 m de ancho cada una y abatimiento de pisadera; y tiempos marginales inferiores a 0,35 s/pax. En consecuencia, fue necesario realizar estudios específicos que permitiesen estimar dichos parámetros para el caso de buses articulados o de tecnología Transantiago.

Estos estudios se realizaron mediante filmaciones en los corredores de Bogotá (Transmilenio) y Quito (Avda. Diez de Agosto), y mediante observadores dentro de los vehículos en el caso

de Santiago (Línea 668). Para ello, se recurrió a filmaciones específicas en los corredores de transporte público siguientes:

La ventaja de los corredores extranjeros es que presentan pago extravehicular, operan buses de dos puertas y buses articulados de tres puertas, y en algunos está permitido el adelantamiento. En el caso de Santiago, se consideró el único vehículo de piso bajo y tres puertas que se encontraba operando a la fecha.

La calibración de los nuevos parámetros consideró la verificación de que variables mudas podrían ser consideradas, en función de la información recopilada. Luego, se procedió de la siguiente manera:

- 1) Asumir parámetros (en primera iteración se asumieron los parámetros por defecto del modelo actual).
- 2) Determinar los tiempos máximos de detención por cada puerta, en función de la demanda por subir y bajar registrada en cada detención.
- 3) Escoger la puerta de mayor tiempo de permanencia.
- 4) Calibrar los parámetros asumiendo el tiempo detenido y los  $p_s$ ,  $p_b$  de la puerta seleccionada.
- 5) volver al paso 2 con los parámetros estimados.

Luego de tres iteraciones se logró la convergencia, obteniéndose los resultados finales mostrados en tabla 3, donde se muestra entre paréntesis el estadístico t-student. El valor de  $\beta_2$  no resultó estadísticamente distinto de cero<sup>1</sup>.

Para el caso de Santiago, interesante es destacar que la variable muda  $\delta_1$  no fue estadísticamente significativa al 95% por cuanto sólo en 12 casos del total de observaciones existió congestión en el andén. Sin embargo, la variable muda  $\delta_2$  fue significativa (existieron 31 observaciones en que subieron mas de 3 pasajeros) y el parámetro estimado en magnitud es muy superior a lo esperado. Por último, es significativo el parámetro asociado a los pasajeros que suben  $\beta_1$  y no significativo a los pasajeros que bajan,  $\beta_2$ . Esto último, es consecuente con el funcionamiento de los buses considerados, por cuanto poseen sólo una puerta de subida y tres puertas de bajada siendo restricción en el tiempo detenido la puerta delantera (de subida y bajada).

Para el experimento de Bogotá y Quito, las diferencias del tiempo muerto se deben a la forma de operación de ambos sistemas. En el caso de Quito, existe un tiempo muerto adicional debido a la operación del "piso falso" que baja desde el bus y se posiciona sobre el andén del paradero. Sin embargo, lo relevante es que en ambos casos (pago extravehicular), los tiempos marginales de subida y/o bajada no son significativamente distintos de cero.

---

<sup>1</sup> Los parámetros publicados consideran la estimación con la restricción de parámetros nulos



Relevante es la comparación entre las situaciones: en nuestro caso, basta con que suban 4 pasajeros para que el tiempo de permanencia sea muy superior al de Bogotá y Quito, en donde funciona el paradero con pago extravehicular.

**Tabla 3: Parámetros tiempo de permanencia**

Parámetros	Unidades	Corredor		
		Santiago	Bogota	Quito
$\beta_0$	[s]	13,73 (5,5)	9,70 (9,0)	17,00 (17,6)
$\beta_0'$	[s]	—	—	—
$\beta_1$	[s]	0,90 (2,8)	0,95 (6,9)	0,95 (6,9)
$\beta_1'$	[s]	-7,83 (1,1)	—	—
$\beta_1''$	[s]	9,91 (2,1)	—	—
$\beta_2$	[s]	-0,81 (0,80)	0,63 (4,7)	0,63 (4,7)
$\beta_2'$	[pax] <sup>-1</sup>	—	—	—
$\beta_2''$	[s]	—	—	—

FUENTE: Elaboración Propia

### 2.2.8 Otros parámetros internos

Para los otros parámetros internos del modelo, y ante ausencia de evidencia empírica que indique lo contrario, se consideró utilizar los valores por defecto incorporados en IRENE 4.2.

Se exceptúa de la anterior recomendación el factor de equivalencia de los buses, a la luz de lo expuesto más arriba sobre flujos de saturación. Se recomienda utilizar un valor de 1,84 [ADE/bus], en vez del valor por defecto de 1,75.

## 3. RESULTADOS

Para el caso de un paradero tradicional de Santiago, con buses de 12 metros de longitud y funcionamiento formal, como regla práctica general (Fernández, 1999), se puede considerar un valor de capacidad de diseño de paraderos de 30 a 60 bus/h/sitio, dependiendo principalmente de la demanda de subida de pasajeros a los buses, de las condiciones de uso del área de parada y de los patrones de llegada de los buses y pasajeros al paradero, de acuerdo a Tabla 4.

**Tabla 4: Capacidades prácticas de paraderos, bus 12 m**

Demanda Subida (pax/bus)	12	8	4	2
Demanda Bajada (pax/bus)	6	4	2	1
Número de Sitios	CAPACIDAD PRACTICA (Xp=60%) (bus/h)			
2	60	80	100	130
3	80	105	125	160

FUENTE: Fernández, 1999

Sin embargo, al considerar buses de 18 m y funcionamiento según la operación de Transantiago, la regla práctica general se modifica. En efecto, para demandas de subida y bajada de magnitud similar a las actuales, la capacidad práctica fluctúa entre 30 y 50 bus/h/sitio, disminuyendo marginalmente con respecto a los buses tradicionales. Adicionalmente, al considerar niveles de demanda como las que realmente se producirán con Transantiago en operación, la capacidad se estabiliza y tiende a 30 bus/h/sitio, según Tabla 5.

**Tabla 5: Capacidades prácticas de paraderos, bus 18 m**

Demanda Subida (pax/bus)	8	12	15	10
Demanda Bajada (pax/bus)	4	6	8	20
Número de Sitios	CAPACIDAD PRACTICA (Xp=60%) (bus/h)			
2	100	69	72	67
3	127	81	92	84

FUENTE: Elaboración Propia

Interesante es destacar que en los casos extremos en que la demanda supere los 50 a 60 pasajeros (subiendo y/o bajando), la capacidad se estabiliza entre 12 y 15 bus/h/sitio considerando un grado de saturación práctico del 60%.

En el caso de incluir el efecto de la existencia de semáforos aguas abajo del paradero, los valores definidos se reducen en un 15% como promedio. De igual forma, en el caso de no considerar adelantamiento dentro del paradero, los valores disminuyen en un 4% promedio. Por último, si existe congestión en el andén, los valores se reducen en un 8% como promedio.

#### 4. COMENTARIOS FINALES

Los resultados expuestos indican que los proyectos de cambio tecnológico emprendidos como parte de Transantiago, no necesariamente implican mejoras significativas en la operación de los paraderos. En efecto, sólo en aquellos casos en que las magnitudes de la demanda por subir y/o bajar por bus sean similares o marginalmente superiores a las actuales, los rendimientos de los paraderos serán similares o marginalmente mejores a los actuales. Sin embargo, en aquellos paraderos en que la demanda sea sustancialmente mayor, los rendimientos decaerán ostensiblemente.

Relevante es destacar que para buses de 18 m, la influencia de semáforo aguas abajo del paradero es más predominante que la existencia de congestión en el andén y que la imposibilidad de adelantar.

Para lo anterior, disponer de un modelo de simulación de operaciones en paraderos que permita manejar sitios múltiples y buses de más de dos puertas, como la última versión del modelo PASSION (Moreno, 2004), ayudará a la toma de estas decisiones.



## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Transantiago, mandante del estudio del que provienen los datos reportados, así como a las empresas INTRAT S.A. y Limite Ltda.

## REFERENCIAS

APIA XXI (2003). **Estudio Plan de Factibilidad de Transporte Urbano y Vialidad del Distrito Central de Honduras**. Informe Final, Tegucigalpa, Honduras.

Bartel, G., J.E. Coeymans y J. Gibson (1997) Reformulación del método de regresión sincrónico para la estimación de parámetros de capacidad de una intersección semaforizada bajo condiciones de tráfico mixto. **Actas del VIII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, 371-382, Santiago.

Canales, F. (1998). Extensiones a la modelación y mejora de la interfaz de usuario de un programa de simulación de paraderos de buses (IRENE). Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil en Computación, Universidad de Chile.

Fernández, R. (2004). Design issues on high-standard bus stops. **ITE Journal** 74, 78-82.

Fernández, R. (2001). Modelling bus stop interactions. PhD Thesis, University of London.

Fernández, R. (1999). Design of bus-stop priorities. **Traffic Engineering and Control** 40, 335-340.

Fernández, R. (1999). Medidas de prioridad al transporte público. **Actas del IX Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, 419-430, Santiago.

Fernández R. and Valenzuela, E. (2003) A model to estimate bus commercial speed. **Traffic Engineering and Control** 43, 352-356.

Fernández, R. y R. Planzer (2002) On the capacity of bus transit systems. **Transport Reviews** 22, 267-293.

Fernández, R. y R. Peñailillo (2000). Un modelo microscópico de interacción entre paraderos de buses. **Actas del XI Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte**, 235-348, Gramado.

Fernández, R. y M. Salamanca (1999). Aspectos de diseño de paraderos de alto estándar. **Actas del IX Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, 274-286, Santiago.

Gibson, J., G. Bartel y J.E. Coeymans (1997) Redefinición de los parámetros de capacidad de una intersección semaforizada bajo condiciones de tráfico mixto. **Actas del VIII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, 383-396, Santiago.

Gibson, J. y R. Fernández (1995) Recomendaciones para el diseño de paraderos de alta capacidad. **Apuntes de Ingeniería** 18, 35-50.

Gibson, J., I. Baeza y L.G. Willumsen (1989) Bus-stops, congestion and congested bus-stops. **Traffic Engineering and Control** 30, 291-296.

MIDEPLAN (1988) **REDEVU. Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano**. Comisión de Panificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte, Ministerio de Planificación y Cooperación.

Moreno, C. (2004) Nueva versión del modelo PASSION de simulación de operaciones en paraderos de transporte público. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile.

Szász, P.A., L de C. Montana y E.O. Ferreira (1978) **COMONOR: ordained bus convoy**. Technical Paper 9. Companhia de Engenharia de Trafego, São Paulo.

TRB (2000). **Highway Capacity Manual, HCM2000**. Special Report 209, Transportation Research Board, Washington, D.C.

Universidad de Chile (2000). **Estudio Optimización del Sistema de Transporte Público de la Ciudad de Santa María de Los Ángeles**. Informe Final. Municipalidad de Los Angeles, Chile.

Valenzuela E., F. Casanella y R. Fernández (2001). Modelación y diseños tipo para la gestión del transporte público menor. **Actas X Congreso Chileno de Ingeniería de Tránsito y Transporte**, 179-190, Concepción.