CI5313 Transporte Sustentable y Tecnologías Disruptivas

Clases 7-8
7-9 de septiembre de 2021
Tema: Congestión y valoración del tiempo

Profesor Alejandro Tirachini Hernández
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Chile

Externalidades del transporte en el ámbito urbano

1. Siniestros de tránsito
2. Contaminación
3. **Congestión**

Congestión

- Aumento de tiempos de viaje producto del número de usuarios que quiere simultáneamente utilizar el mismo dispositivo vial.

- Manifestaciones :
  - Colas de vehículos y personas
  - Detenciones involuntarias de vehículos o usuarios (*start-stop*)

- Expansión espacial:
  - Mecanismo principal es bloqueos.

UOCT_RM
@UOCT_RM

Follow

Gente, por favor aprendamos. Bloquear los cruces no te hace ganar tiempo, solo demuestra desconsideración hacia el resto y, además, incrementa la congestión.

Translate from Spanish

4:03 AM - 17 Apr 2018

259 Retweets **260** Likes

Congestión

- ¿Por qué se produce?
- 2 tipos de congestión:
  - Recurrente: Oferta versus demanda
  - No-recurrente: incidentes
- Gestión de oferta
  - Ajustes temporales de oferta
  - Más/menos capacidad vial
  - Incentivo cambio de modo
- Gestión de demanda
  - Elección horaria, elección modal
  - Actividades remotas, teletrabajo
  - Aplanar horas punta
- Congestión es enfermedad ¿puede ser remedio también?

Definiciones

- Flujo (q)=objetos/unidad_de_tiempo:
  - Unidades: veh/h, personas/h

- Capacidad (Q): máxima cantidad de objetos (vehículos, personas, carga) que puede ser atendida por unidad de tiempo en un dispositivo vial.

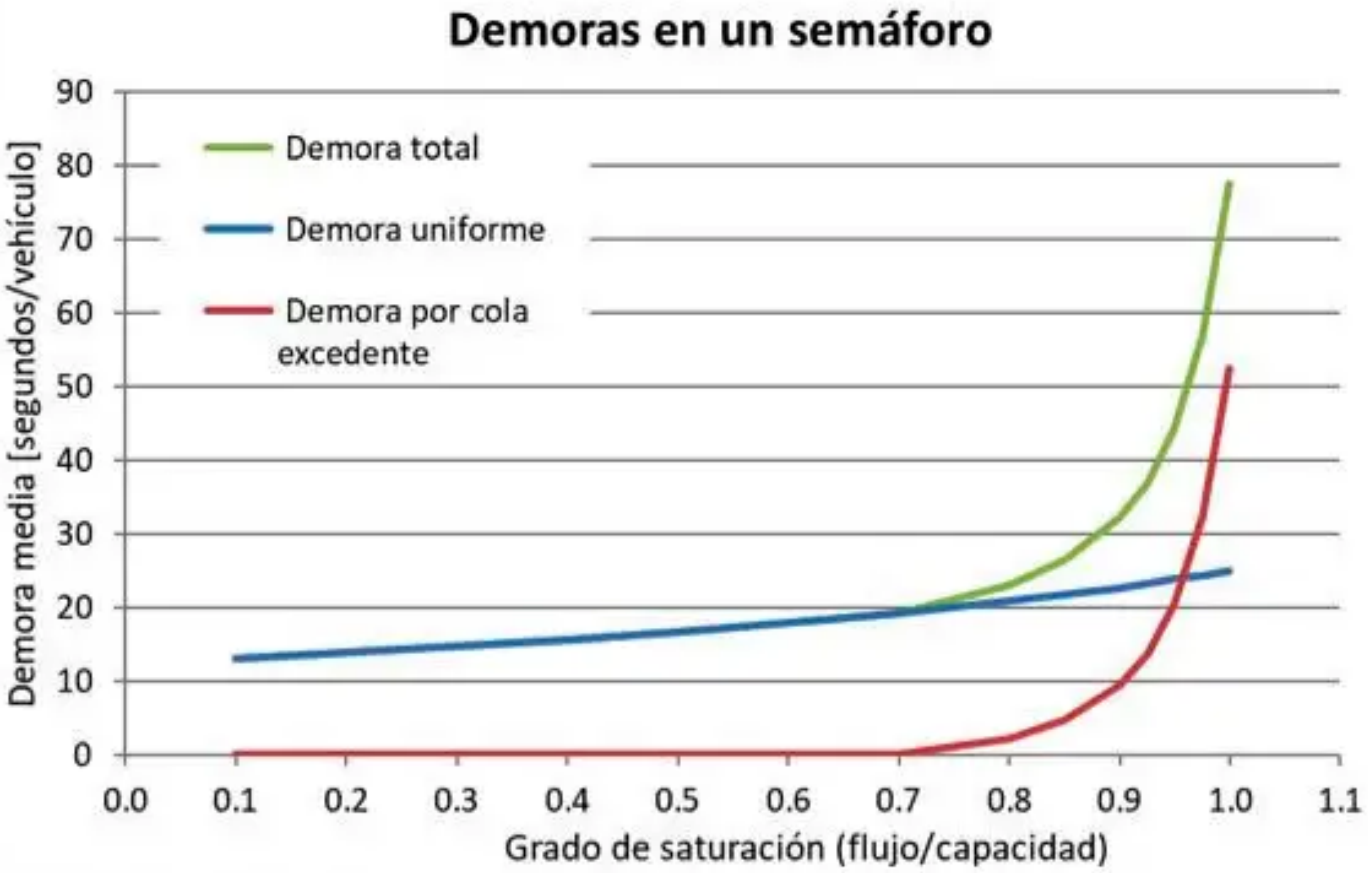
- Dispositivos viales: vías, intersecciones, estaciones, paraderos, estacionamientos, etc.

- Grado de saturación (x): razón entre flujo y capacidad

$$x = \frac{q}{Q}$$

- Capacidad= flujo máximo de salida

Demora en semáforo



Flujo [veh/h]: demanda

Capacidad [veh/h]: oferta

Congestión en ciudad: demoras por cola excedente en semáforos

Explicación coloquial en columna Qué hay detrás de la congestión y por qué los ciclistas fluyen mejor
Formulación y sustento teórico en CONASET (2011) Manual de Señalización, Capítulo 4: Semáforos

Congestión

- Modelos estáticos
  - Tpo_viaje=Tpo_viaje (flujo)
  - Relación se puede modelar mediante regresión.
- Modelos dinámicos
  - El más clásico: modelo de cuello de botella de William Vickrey (*bottleneck model*)

Modelación de la congestión: modelos estáticos versus dinámicos

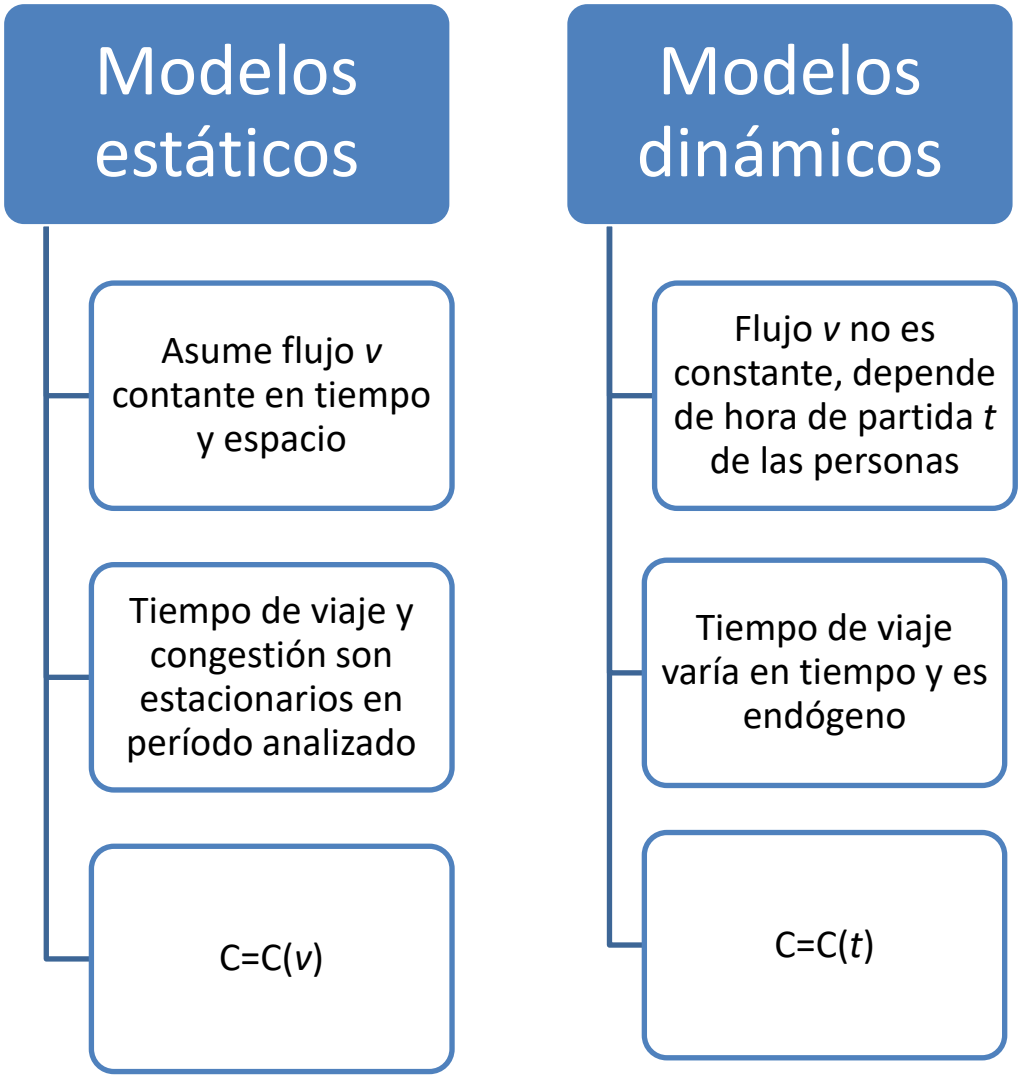


Table 4.1: Overview of flow-travel time functions

Name	Functions *)
Irwin *et al.* (1961)	$t_a(v_a) = \begin{cases} t_a^f + \alpha_a v_a, & v_a < C_a \\ t_a^f + \beta_a v_a + (\alpha_a - \beta_a) C_a, & v_a \geq C_a \end{cases}$
Davidson (1966)	$t_a(v_a) = t_a^f \left(1 + \alpha_a \frac{v_a/C_a}{1 - v_a/C_a}\right)$
Akcelik (1991)	$t_a(v_a) = \begin{cases} t_a^f \left(1 + \alpha_a \frac{v_a/C_a}{1 - v_a/C_a}\right), & v_a < \rho C_a \\ t_a^f \left(1 + \alpha_a \frac{\rho}{1-\rho}\right) + \frac{\alpha_a}{(1-\rho)^2}\left(\frac{v_a}{C_a} - \rho\right), & v_a \geq \rho C_a \end{cases}$
BPR (1964)	$t_a(v_a) = t_a^f \left(1 + \alpha_a \left(\frac{v_a}{C_a}\right)^{\beta_a}\right)$
Smock (1962)	$t_a(v_a) = t_a^f \exp\left(\frac{v_a}{C_a}\right)$
Soltman (1965)	$t_a(v_a) = t_a^f 2^{v_a/C_a}$
Overgaard (1967)	$t_a(v_a) = t_a^f \alpha_a^{\left(\frac{v_a}{C_a}\right)^{\beta_a}}$
Mosher(1) (1963)	$t_a(v_a) = t_a^f + \ln(C_a) - \ln(C_a - v_a)$
Mosher(2) (1963)	$t_a(v_a) = \alpha_a - \frac{C_a\left(t_a^f - \alpha_a\right)}{v_a - C_a}$

*) t_a = travel time on link a, t_a^f = free-flow travel time on link a, v_a = flow on link a, C_a = capacity of link a. All other unknowns are nonnegative parameters of the functions, mostly link type-specific.

Modelos de congestión estática: muchos!

En esta notación v_a: flujo

Tu, H. 2008. Monitoring travel time reliability on freeways. Ph.D. thesis, Delft University of Technology.

Ejemplo 1: estimación curva BPR, Estados Unidos

$$t(q) = t_0\left(1 + \alpha\left(\frac{q}{Q}\right)^{\beta}\right)$$

BPR (1964): Bureau of Public Roads

Table 2
Summary of Least-Squares Fits to HCM
Speed/Volume Functions for 6-Lane Freeways and
4-Lane Rural Divided Highways

BPR FUNCTION						
FACILITY		α	β	σ_v	R^2	n
Freeways	70 mph	0.88	9.8	1.90	91.8%	31
	60 mph	0.83	5.5	1.93	91.2%	31
	50 mph	0.56	3.6	0.70	98.4%	29
Multilane	70 mph	1.00	5.4	2.78	87.3%	21
	60 mph	0.83	2.7	1.50	95.8%	21
	50 mph	0.71	2.1	0.77	98.3%	19

Horowitz, A.J. (1991) Delay/Volume Relations for Travel Forecasting Based upon the 1985 Highway Capacity Manual. Report for the Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation

Ejemplo 2: estimación curva BPR, Santiago

$$t(q) = t_0\left(1 + \alpha\left(\frac{q}{Q}\right)^{\beta}\right)$$

Tabla 5.14

Parámetros BPR por Categoría de Arco Período y Período

	PUNTA MAÑANA		FUERA DE PUNTA	
CATEGORIA DE ARCO	ALFA	BETA	ALFA	BETA
1	0,3949	3.2089	0,5136	3,2323
2	0,0675	6.9158	0,0675	6,2049
3	1,4470	7.6440	1,2220	7,7440
4	1,5715	2.9573	1,2043	2,9573
5	1,0356	2.8073	1,0168	2,9573
Correlación (*)	81,1%		61,2%	

(*) entre flujos modelados y observados.

Tabla 4.2

Descripción de Categorías de Arco en ESTRAUS

Descripción	Categoría
Autoría	1
Troncal, Camino Interurbano	2
Céntrico con transporte Público	3
Céntrico sin transporte Público	4
Calle Local, Céntrico Normal	5

SECTRA (2005) Análisis y actualización del modelo ESTRAUS. Fernández y de Cea Ingenieros

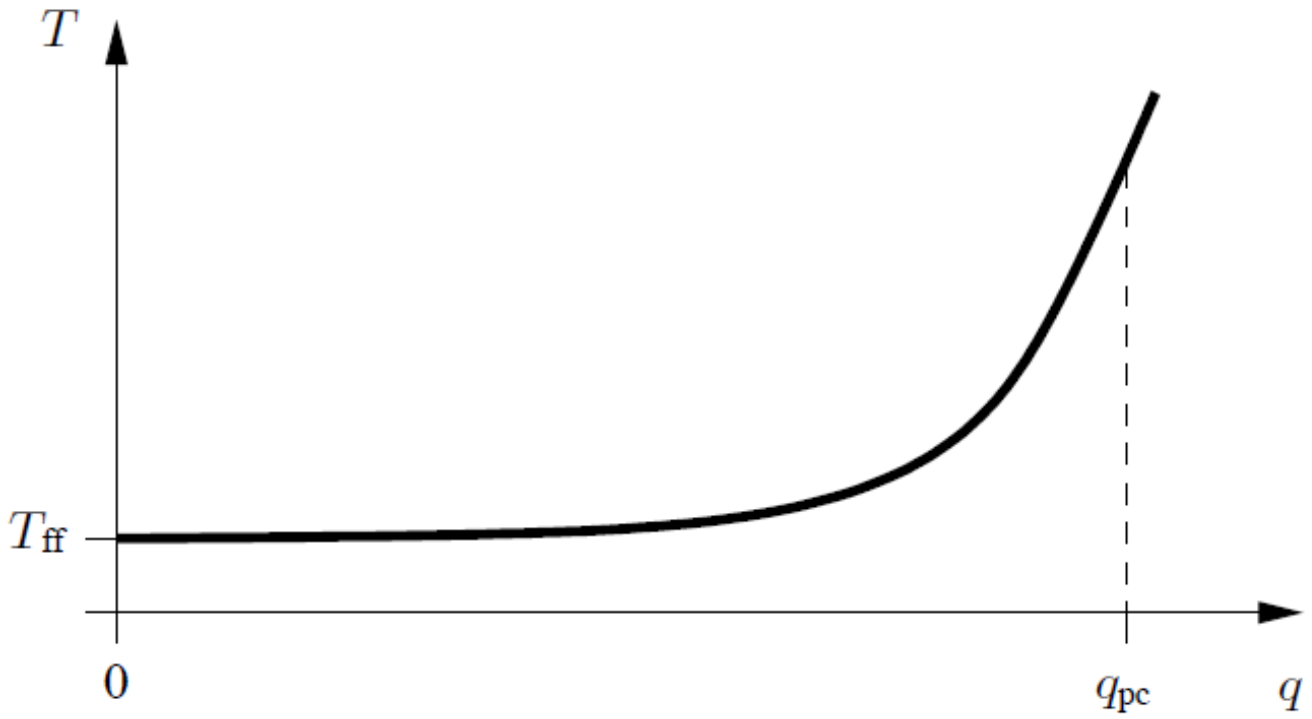
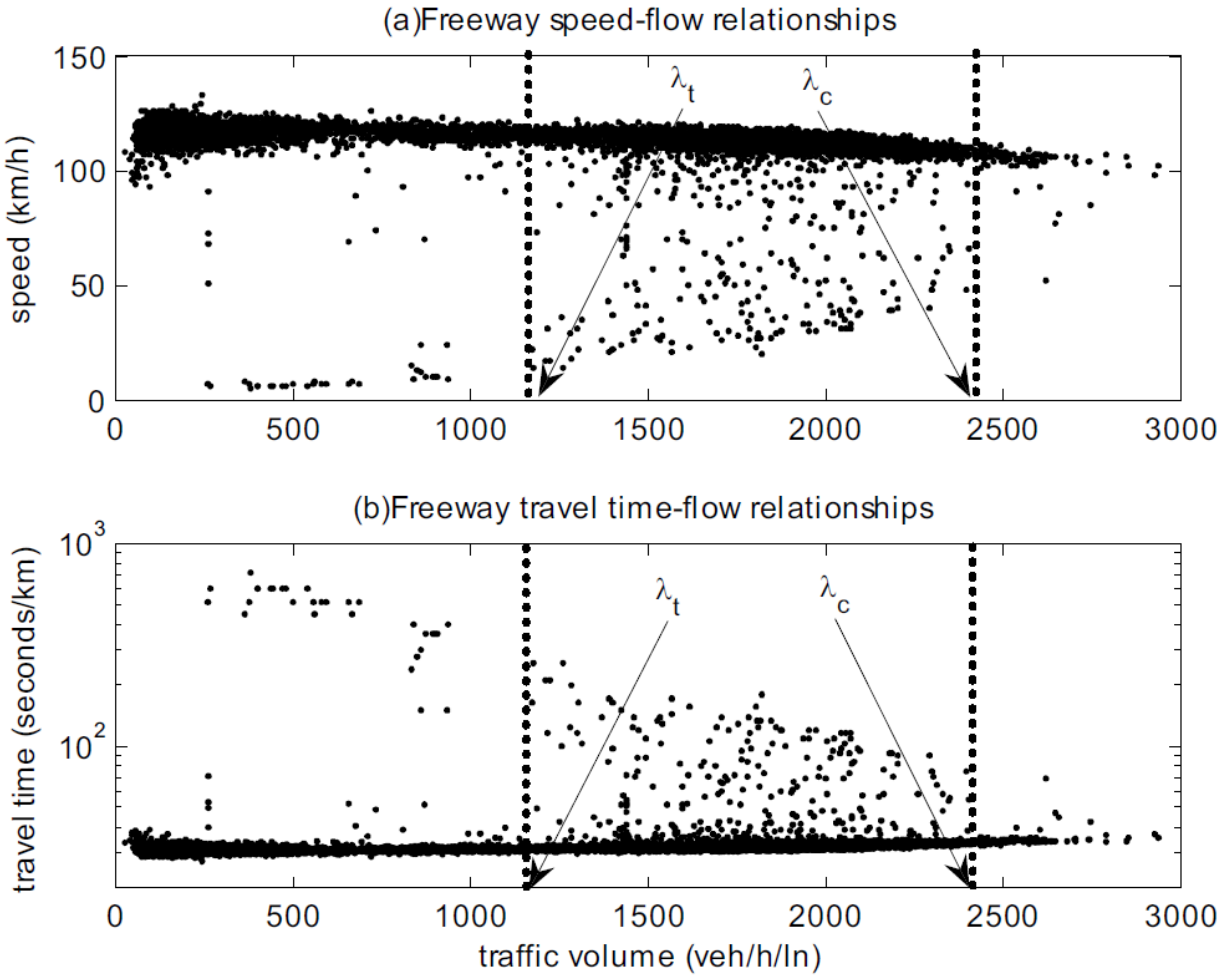


Figure 2: The Bureau of Public Roads (BPR) function, relating the travel time to the flow. It is based on the travel time T_{ff} under free-flow conditions and the practical capacity q_{pc} of the link under consideration.

Maerivoet, S., De Moor, B.L.R. (2005) Transportation Planning and Traffic Flow Models

¿Limitaciones de las curvas tipo BPR?

Carreteras: el fenómeno de hipercongestión



- Critical transition inflow λ_t
- Critical capacity inflow λ_c

Autopista A20 en Holanda

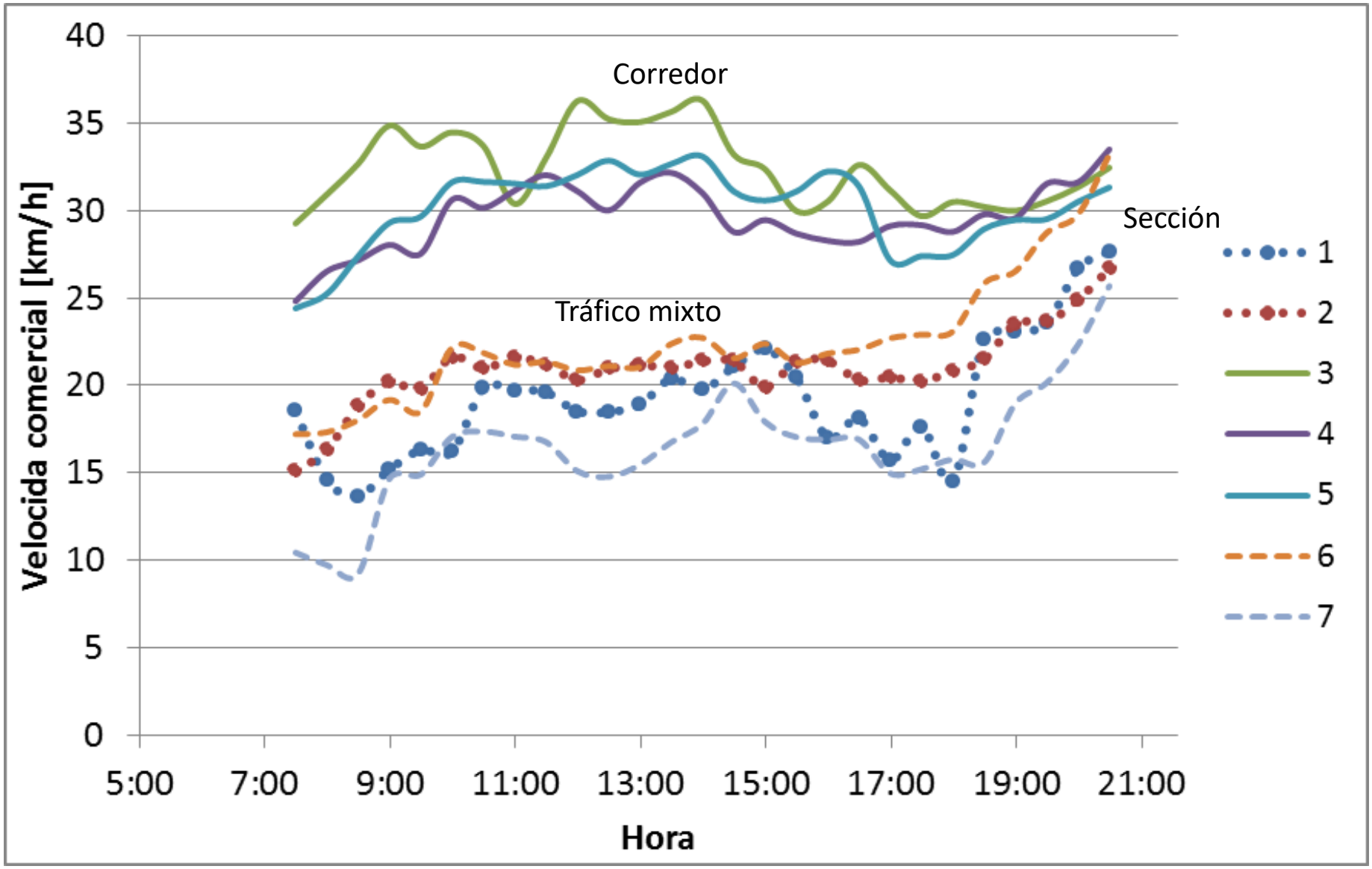
Tu, H. 2008. Monitoring travel time reliability on freeways. Ph.D. thesis, Delft University of Technology.

¿Hipercongestión?

- Si flujo menor que λ_t
  - Tiempo de viaje a (o cercano a) flujo libre
- Si flujo entre λ_t y λ_c
  - Flujo de salida es incierto!
  - Puede ser flujo libre o hipercongestión
- Si flujo mayor que λ_c
  - Flujo cercano a capacidad ruta
  - Flujo tan alto se vuelve inestable: probabilidad de "breakdown": cola y demoras.
- Hipercongestión es fenómeno instantáneo (*break-down*)

¿Es objetivo eliminar la congestión del todo?

Velocidad buses, eje Santa Rosa



Velocidad comercial Santa Rosa, abril 2011

Prioridad vial para buses

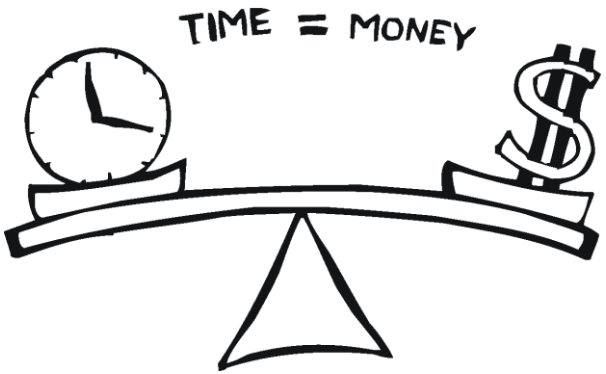
Efecto en velocidad comercial (incluye movimiento y detenciones) buses:

1. Pistas solo bus: aumento de 10 a 13 km/h punta mañana (PM) en Avenida Matta.
2. Vías exclusivas: aumento de 5 a 14 km/h PM en Santa Rosa.
3. Corredores segregados: aumento promedio de 14 a 27 km/h PM corredor Santa Rosa.

Avenida Matta 6pm

- Bicicleta vs auto
  - https://www.youtube.com/watch?v=tujRgaDPQyM
- Bus en pista “solo bus” vs auto
  - https://www.youtube.com/watch?v=6mH_MJzXXkc

Costo congestión

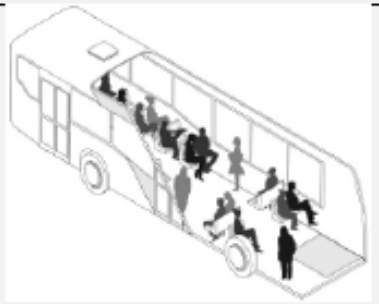
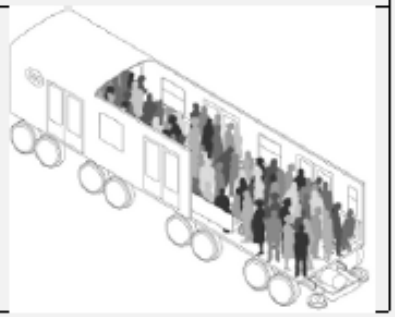


- Tiempo "perdido"
- ¿Cómo darle valor ahorrar tiempo de viaje?
- Valor subjetivo del tiempo: Cantidad de dinero que una persona está dispuesta a pagar por reducir su tiempo de viaje en una unidad. Dos componentes (Jara-Díaz, 2007, Small 2012):
  - Valor del tiempo como recurso: valor monetario de aumentar el tiempo disponible.
  - Calidad del viaje: cuánto te gusta o disgusta el viaje mismo.
- ¿De qué depende el valor subjetivo del tiempo?

Jara-Díaz, S. (2007). Transport Economic Theory. Emerald Group Publishing Limited.
Small, K. A. (2012). Valuation of travel time. *Economics of transportation*, *1*(1-2), 2-14.

En estos casos, ¿Qué pasa con el valor subjetivo del tiempo de espera?

Estimación valor subjetivo del tiempo

Attribute	Alternative A	Alternative B
Mode	Bus	Metro
Cost	$ 590	$ 650
In-vehicle Travel Time	25 minutes	15 minutes
Average Waiting Time	10 minutes	5 minutes
Waiting Time Range It is possible for the bus or metro to pass at any moment in this time range.	Between 0 and 29 minutes	Waiting time is fixed
Occupancy The figure represents how crowded the bus or metro will be when it arrives at the stop/station.		

Which alternative would you choose for your trip?

□ Alternative A □ Alternative B □ I would not travel

FIGURE 1 Example of SP choice scenario presented

Batarce et al. (2015) VALUING CROWDING IN PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS USING MIXED STATED/REVEALED PREFERENCES DATA: THE CASE OF SANTIAGO
http://docs.trb.org/prp/15-4703.pdf

Estimación valor subjetivo del tiempo

TABLE 3 SP/RP Marginal Rates of Substitution for Santiago

Parameter	Valuation
Travel Time at 1-2 pax/m^2	2,626 CLP/hr
Travel Time at 3-4 pax/m^2	3,389 CLP/hr
Travel Time at 5-6 pax/m^2	5,894 CLP/hr
Waiting Time	4,903 CLP/hr
Walking Time	4,642 CLP/hr
Transfers	250 CLP/transfer

Batarce et al. (2015) VALUING CROWDING IN PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS USING MIXED STATED/REVEALED PREFERENCES DATA: THE CASE OF SANTIAGO
http://docs.trb.org/prp/15-4703.pdf

Percepción tiempo de espera: resultados EEUU

- Tiempo de espera en paradero sin comodidades es percibido en promedio aprox 1.3 veces más largo de lo que realmente es.
- Comodidades básicas como bancas y refugios reducen significativamente la percepción de tiempo de espera
- Percepción de tiempo de espera aumenta significativamente para mujeres que esperan más de 10 minutos en lugares percibidos como inseguros.

Fan, Y., Guthrie, A., & Levinson, D. (2016). Waiting time perceptions at transit stops and stations: Effects of basic amenities, gender, and security. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *88*, 251-264.

Efecto información sobre llegada de buses en tiempo de espera EEUU

Table 1
Perceived versus measured wait times (in min) of bus riders using traditional arrival information.

Variable	Mean	Std. dev.	95% CI
Perceived wait	6.19	3.51	5.90–6.49
Measured wait	5.36	2.97	5.11–5.61
Difference	0.83	2.85	0.59–1.07
No. observations = 544 $t = 6.8169$, $\Pr(T > t) = 0.0000$			

Table 2
Perceived versus measured wait times (in min) of bus riders using OneBusAway real-time arrival information.

Variable	Mean	Std. dev.	95% CI
Perceived wait	4.98	2.76	4.39–5.56
Measured wait	4.66	2.43	4.14–5.17
Difference	0.32	2.25	−0.16 to 0.80
No. observations = 88 $t = 1.3256$, $\Pr(T > t) = 0.1884$			

"The study found that for riders without real-time information, perceived wait time is greater than measured wait time. However, riders using real-time information do not perceive their wait time to be longer than their measured wait time"

Watkins, K. E., Ferris, B., Borning, A., Rutherford, G. S., & Layton, D. (2011). Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *45*(8), 839-848.

¿Efecto de la congestión en el valor del tiempo?

Multiplicador por congestión

Table 1
Summary of previous evidence (ratio of congested and free flow coefficients).

Study	Context	Time	Ratio	Data	Purpose	Rely
Abrantes and Wardman (2011)	UK Urban and Inter-Urban 1986–2008	Congested	1.54 1.43 1.59 1.54 1.51 1.55	9 studies and 29 observations[a]	All Business Commute Other RP SP	No
Hensher et al. (1990)	Sydney	Congested	1.70	SC 2 Unlabelled Alternatives	Business	No
Douglas Economics (1996)	Sydney	Congested	1.31	SC Car versus Bus	All	No
Kazakov et al. (1993)	Canada	Congested	1.37	SC 2 Unlabelled Alternatives	Commute	No
MVA (1997)	Nottingham	Congested	1.18 1.57 1.75	Mode Choice Car Users Mode Choice Park and Ride Users Mode Choice Park and Ride Users	Non Business Commute Other	No
Calfee et al. (2001)	US Metropolitan Areas	Congested	≈3.0	Ranking Data	Commute	No
Hensher (2001a)	New Zealand Inter-Urban	Slowed down Stop–start	>2.70 >5.70	SC 2 Unlabelled Alternatives plus Current Alternative	All	Yes
Hensher (2001b)	New Zealand Suburban	Slowed down Stop–start	1.33 2.82	SC 2 Unlabelled Alternatives plus Current Alternative	Commute	Yes
Beca Carter Hollings and Ferner (2002)	New Zealand Urban Roads New Zealand Rural Roads	Slowed down Stop–start Slowed down Stop–start	1.07 1.49 1.15 1.67	SC 2 Unlabelled Alternatives	All All	Yes Yes
Nielsen et al. (2002)	Copenhagen	Congested	1.31 1.64	SC Route Choice	Commute Business	No

Wardman, M., & Ibáñez, J. N. (2012). The congestion multiplier: Variations in motorists' valuations of travel time with traffic conditions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *46*(1), 213-225.

Evaluación social proyectos transporte Chile

- Valor social del tiempo: Se usa para evaluar beneficios proyectos de transporte.
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF) define valores sociales:
  - Tiempo (urbano, interurbano)
  - Mano de obra
  - Combustible
  - Emisiones carbono
  - Etc.
- Ver documento "Precios Sociales" MDSF: http://sni.gob.cl/sector/15

Evaluación social proyectos transporte Chile

Valor social del tiempo en Chile (2021)

2. Valor Social del Tiempo Urbano

	VST ($/hora-pasajero)
Viaje	2.434
Espera	4.867
Caminata	4.867

http://sni.gob.cl/sector/15