

# FREEWAY LAB: TESTING DYNAMIC SPEED LIMITS

Francesc Soriguera

Marcel Sala

Irene Martínez

Mónica Menéndez



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Infraestructura del Transport  
i del Territori



CIT 2014 **SANTANDER**

XI Congreso de Ingeniería del Transporte

"El camino hacia el progreso"

9, 10 y 11 de Junio



## 1.1. Sistema VSL en accesos a Barcelona

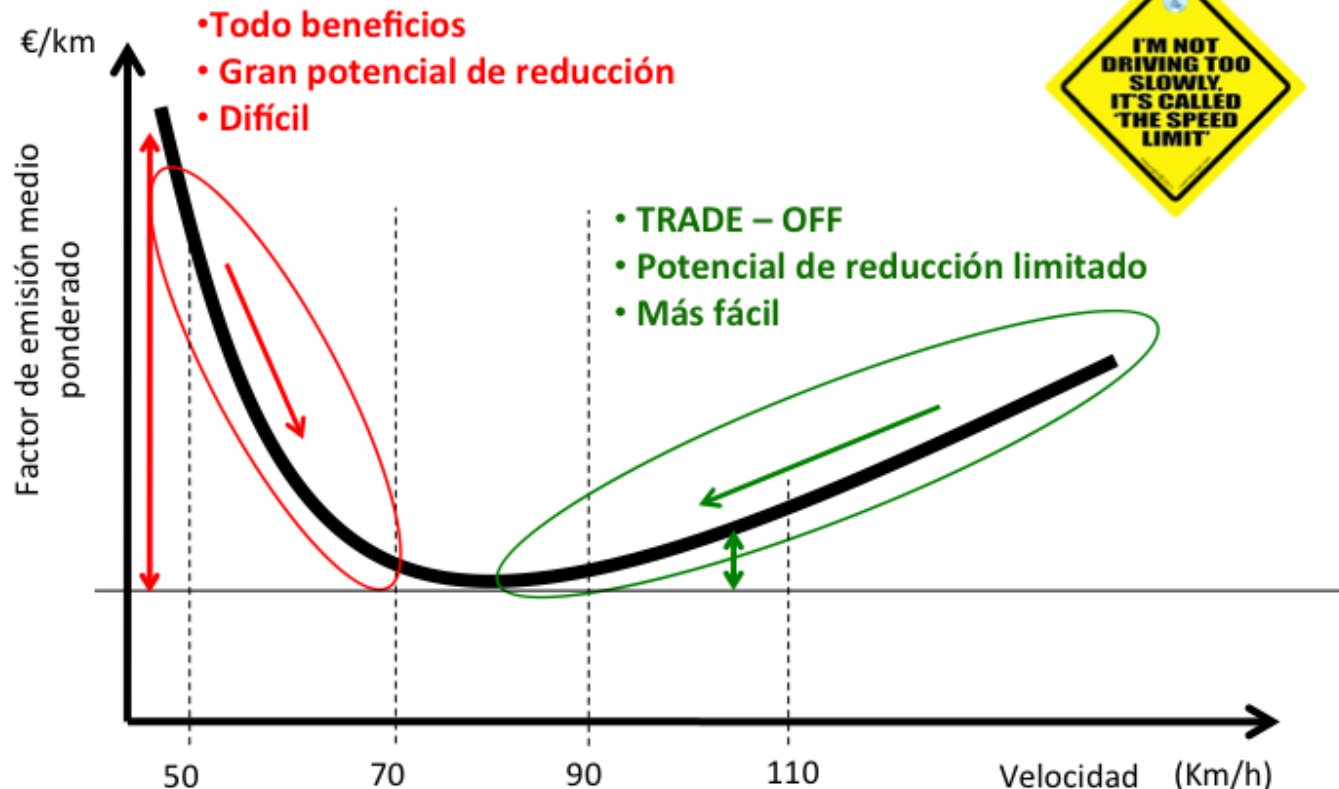
- Decreto 152/2007: Plan de actuación con 73 medidas (6 de tráfico) para la mejora de la calidad del aire en la Región Metropolitana de Barcelona
- 1 de enero de 2008: Implantación de la Zona 80
- 15 de enero de 2009: Implantación de la Velocidad Variable en la C-31 y C-32.
- 1 de marzo de 2011: La limitación máxima pasa a 100 km/h.
- Desde de enero de 2012: Expansión del sistema a la B-23, A-2, B-10, B-22, C-16 y B-20 norte. Previsto 2014: C-31 y A-2.



## 1.2. Resultados previos sistema VSL en accesos a Barcelona

### Resultados globales:

- ↓ 4% Emisiones y consumo energético (regímenes libres).
- ↓ 50% muertos, ↓ 25% heridos graves, ↑15% heridos leves
- ↑25% tiempo de viaje (regímenes libres).
- No concluyentes en relación a la fluidez del tráfico.



## 1.3. Debate científico a nivel internacional

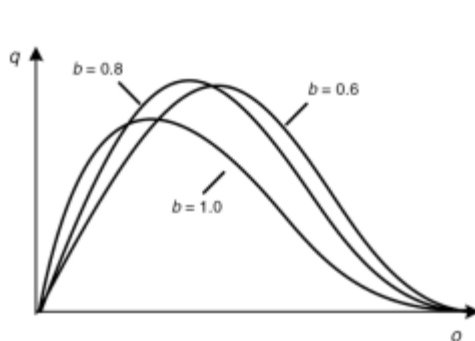
### Hipótesis (causales - micro):

- Uniformización de velocidades
- Reducción de cambios de carril
- Homogeneización de la distribución de vehículos entre carriles

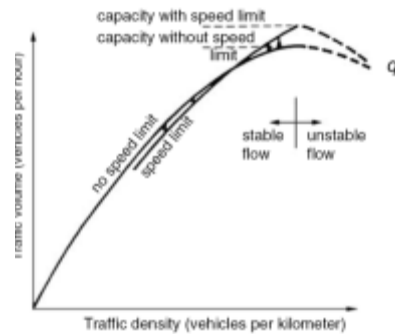
### Hipótesis (efectos - macro):

- Evitar el 'capacity drop'
- Aumento de la capacidad (SL=V\_crítica)
- Aumento de la densidad crítica
- Potencial metering troncal (SL=V\_subcrítica)

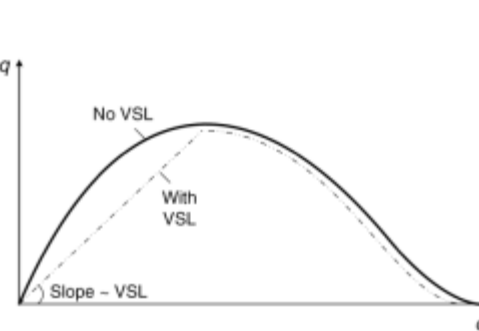
**No probado.** Es tema de intenso debate científico.



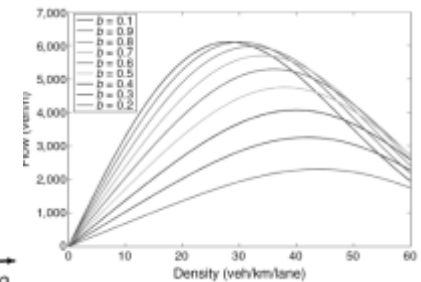
Cremer (1979)



Zackor and Papageorgiou (1991)



Hegyí et al. (2005)



Carlson et al. (2010)

### Principal dificultad:

- Inexistencia de bases de datos sólidas a estos efectos
- Especialmente a velocidades bajas (<70km/h)

# 2 - FREEWAY LAB

## 2.1. Requerimientos de un “Freeway Lab”

### Monitorización:

- Datos fundamentales de tráfico: Contaje, velocidad, ocupación.
- Datos a nivel vehículo (sin agregación temporal).
- Elevada densidad espacial
- Tiempo de viaje.
- Cambio de carril

### Control y “enforcement”:

- Paneles VSL gestión desde CC.
- Radar enforcement

### Localización:

- Autopista con congestión recurrente.
- Diversidad de cuellos de botella.

### Gestión:

- Complicidad de la administración.

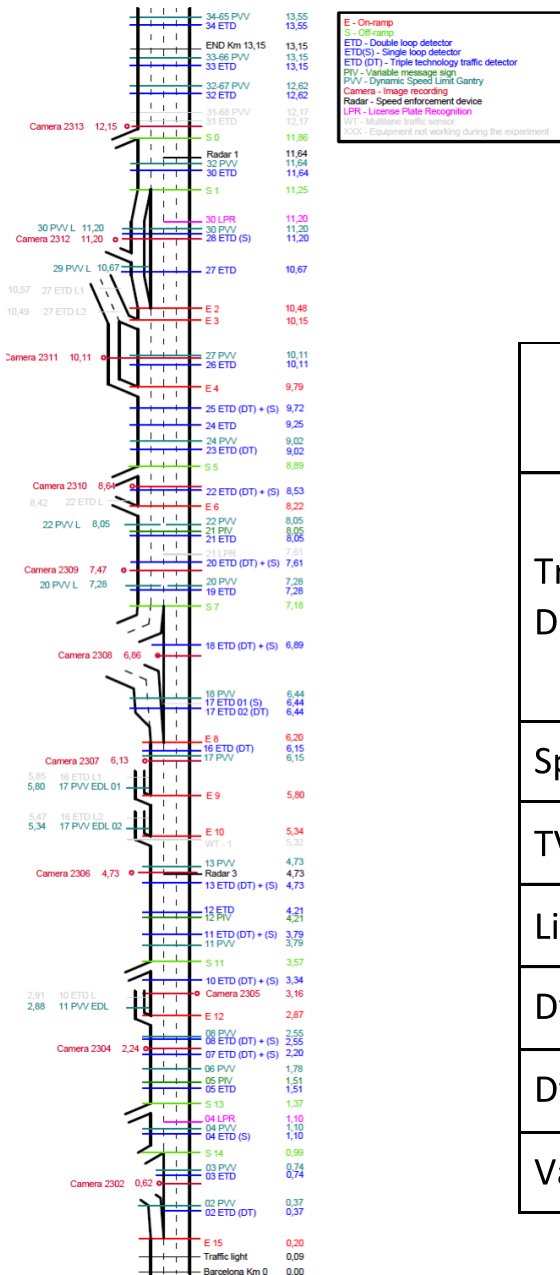


servei català de

**Trànsit**



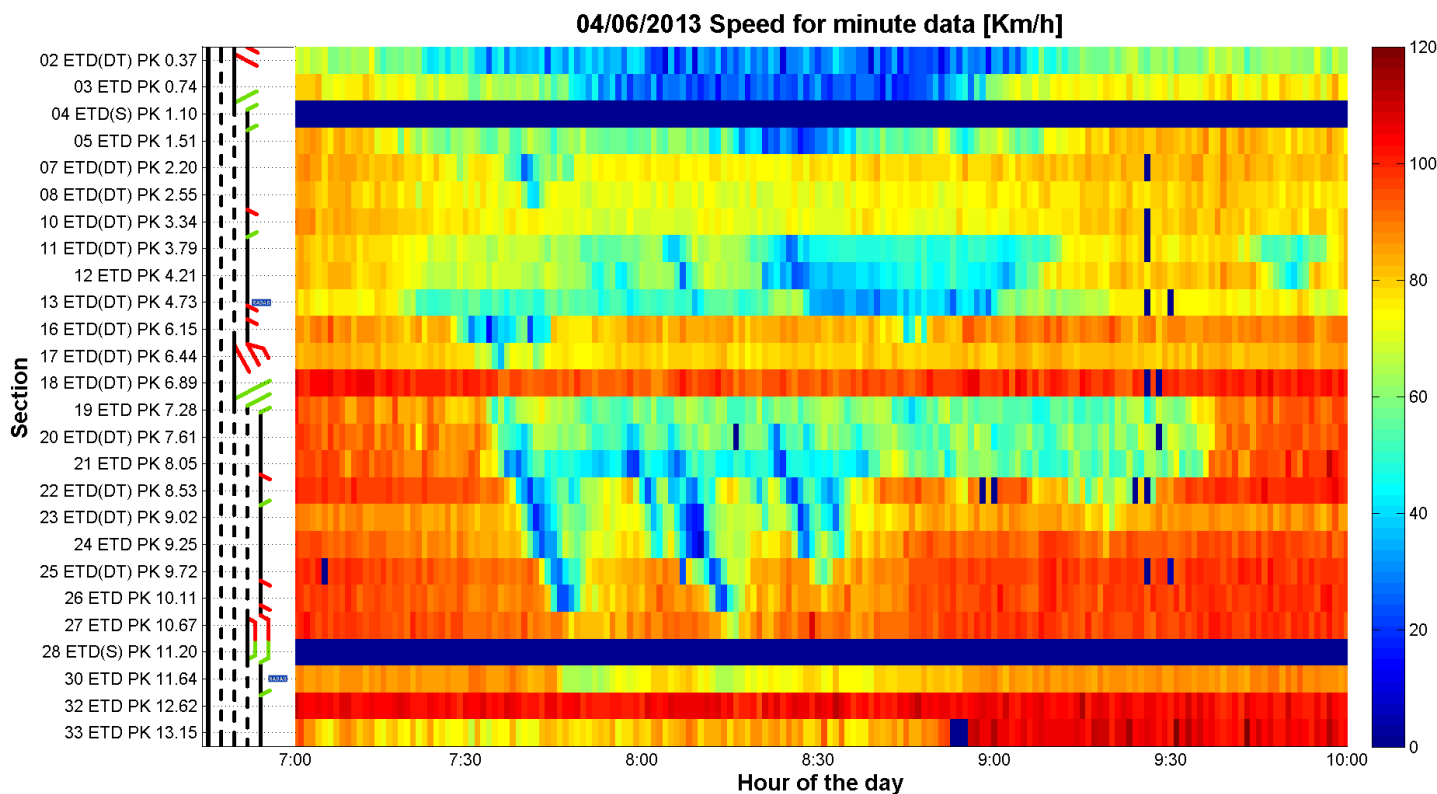
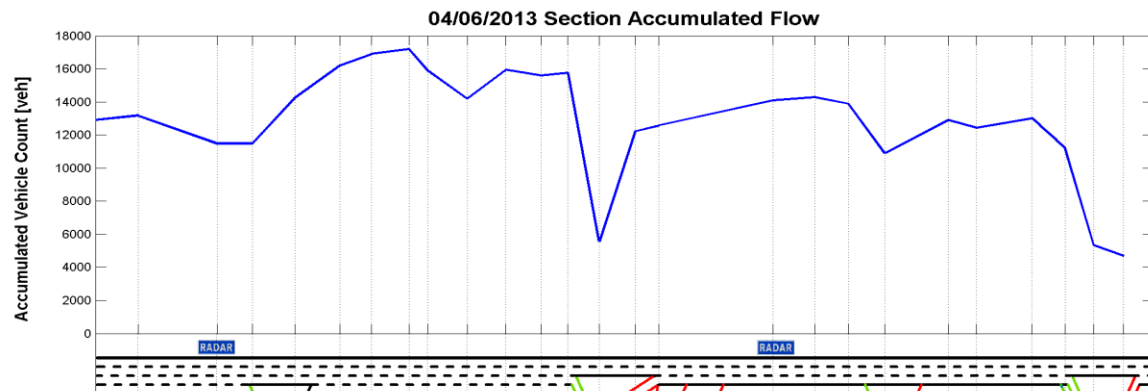
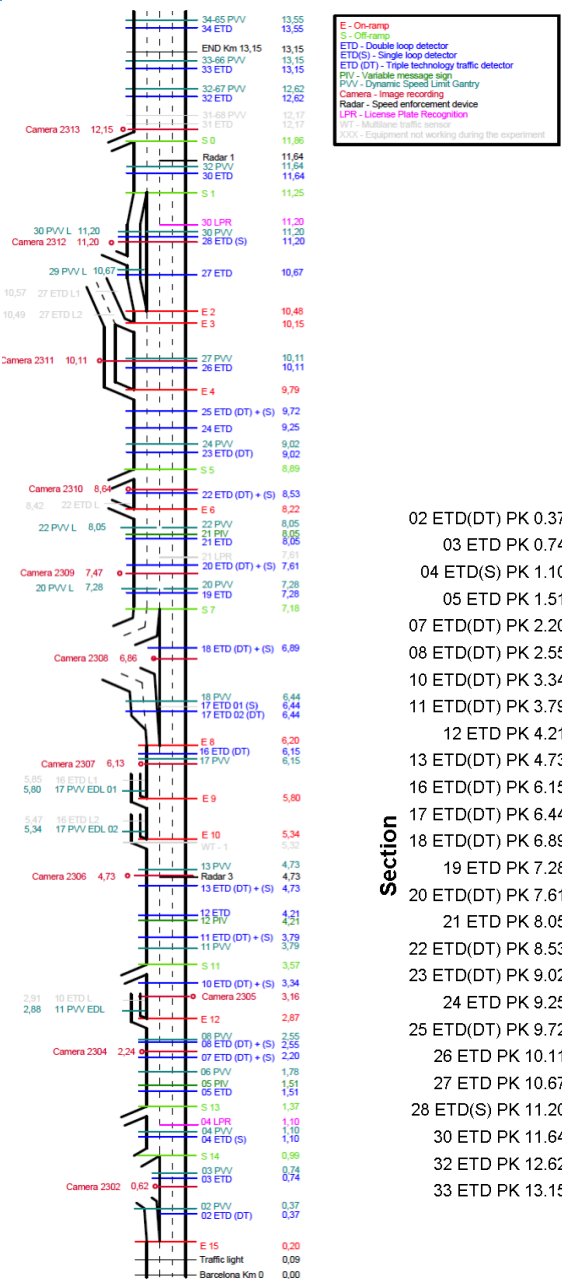
## 2.2. B-23 Freeway Lab



- 13 km sentido entrada Barcelona
- 4 - 3 - 2 carriles. 3,5m + 2,5m arcén
- Tiempo libre 7 min. TTI = 3 en hora punta de mañana
- 9 salidas + 7 entradas

Equipment description		Number of units	Km/Unit
Traffic Detectors	Inductive loop detectors (embedded in the pavement)	Double - ETD	11
		Simple - ETD(S)	12
	Non-intrusive detectors - ETD(DT) - (gantries)	13	0,5
Speed enforcement radar		2	7
TV cameras		11	1
License plate recognition devices - LPR		2	10
Dynamic speed limit signs (Mainline - on gantries) - PVV		17	0,75
Dynamic speed limit signs (On ramps - side pannel) - PVV_L		5	-
Variable message signs - PIV		3	4

# 2.3. Características del tráfico en el Lab





# 3 - EXPERIMENTO VSL

## 3.1. Experimento límites de velocidad

### Limitaciones:

- Demanda similar
- 3 CCTV en alta definición
- 4 detectores a nivel vehículo
- Max. 5km a  $V_{\min}$

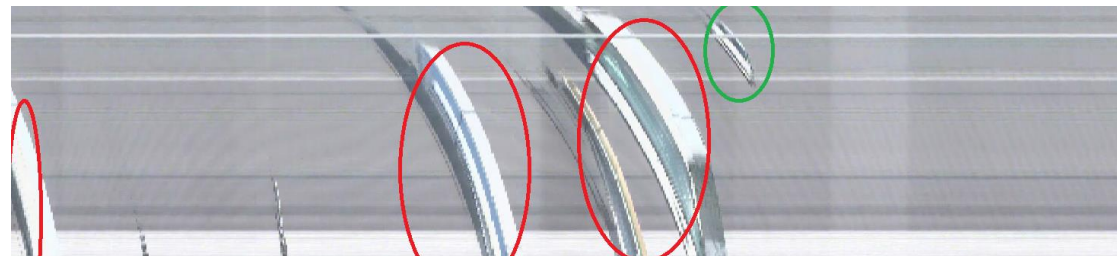
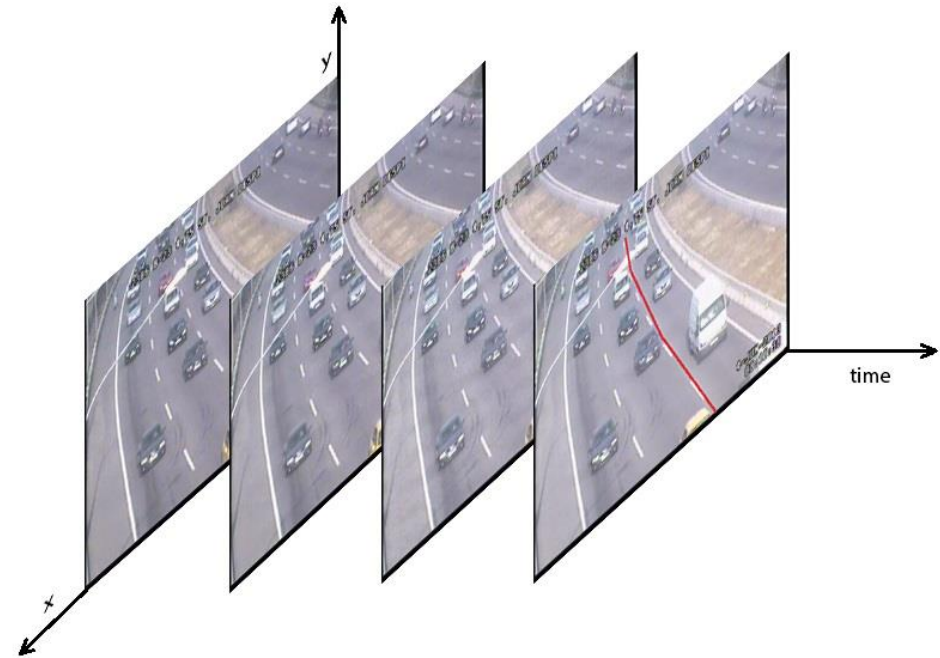
### Diseño:

- Hora punta 7:00-10:00 am
- Martes-Miércoles-Jueves
- División en 2 tramos
- Especial atención a incluir:
  - Sección con radar
  - Sección congestionada
  - Sección libre

	Day#1	Day#2	Day#3	Day#4	Day#5	Day#6	Day#7	
Dynamic Speed Limit Gantries	33-66 PVV (13.15)	Transitional speed limits						
	32-67 PVV (12.62)	Transitional speed limits						
	32 PVV (11.64)	SCT	100	80	50	100	80	80
	30 PVV (11.20)	SCT	100	80	50	100	80	80
	27 PVV (10.11)	SCT	100	80	50	100	80	80
	24 PVV (9.02)	SCT	100	80	50	100	80	80
	22 PVV (8.05)	SCT	100	80	50	100	80	80
	20 PVV (7.28)	SCT	80	80	50	80	80	80
	18 PVV (6.44)	SCT	80	80	80	80	80	80
	17 PVV (6.14)	SCT	80	80	80	80	80	60
	13 PVV (4.73)	SCT	80	80	80	80	60	40
	11 PVV (3.79)	SCT	80	80	80	80	60	40
	08 PVV (2.55)	SCT	80	80	80	80	60	40
	06 PVV (1.78)	SCT	80	80	80	80	60	40
	04 PVV (1.10)	SCT	80	80	80	80	60	40
03 PVV (0.74)	SCT	60	60	60	60	60	40	
02 PVV (0.37)	SCT	50	50	50	50	50	40	
TV Cameras	2306	2312	2312	2312	2306	2306	2306	
(High quality: 30 fps and 536x400 pixels)	2305	2310	2310	2310	2305	2305	2305	
	2304	2309	2309	2309	2304	2304	2304	
Raw Detectors	13(DT)	30 (ETD)	30 (ETD)	30 (ETD)	13 (DT)	13 (DT)	13 (DT)	
(Individual actuations)	12 (ETD)	27 (ETD)	27 (ETD)	27 (ETD)	12 (ETD)	12 (ETD)	12 (ETD)	
(ETD – Double loop detector)	11 (DT)	21 (ETD)	21 (ETD)	21 (ETD)	11 (DT)	11 (DT)	11 (DT)	
(DT – Non Intrusive detector)	8 (DT)	19 (ETD)	19 (ETD)	19 (ETD)	8 (DT)	8 (DT)	8 (DT)	

## 3.2. Base de datos resultante

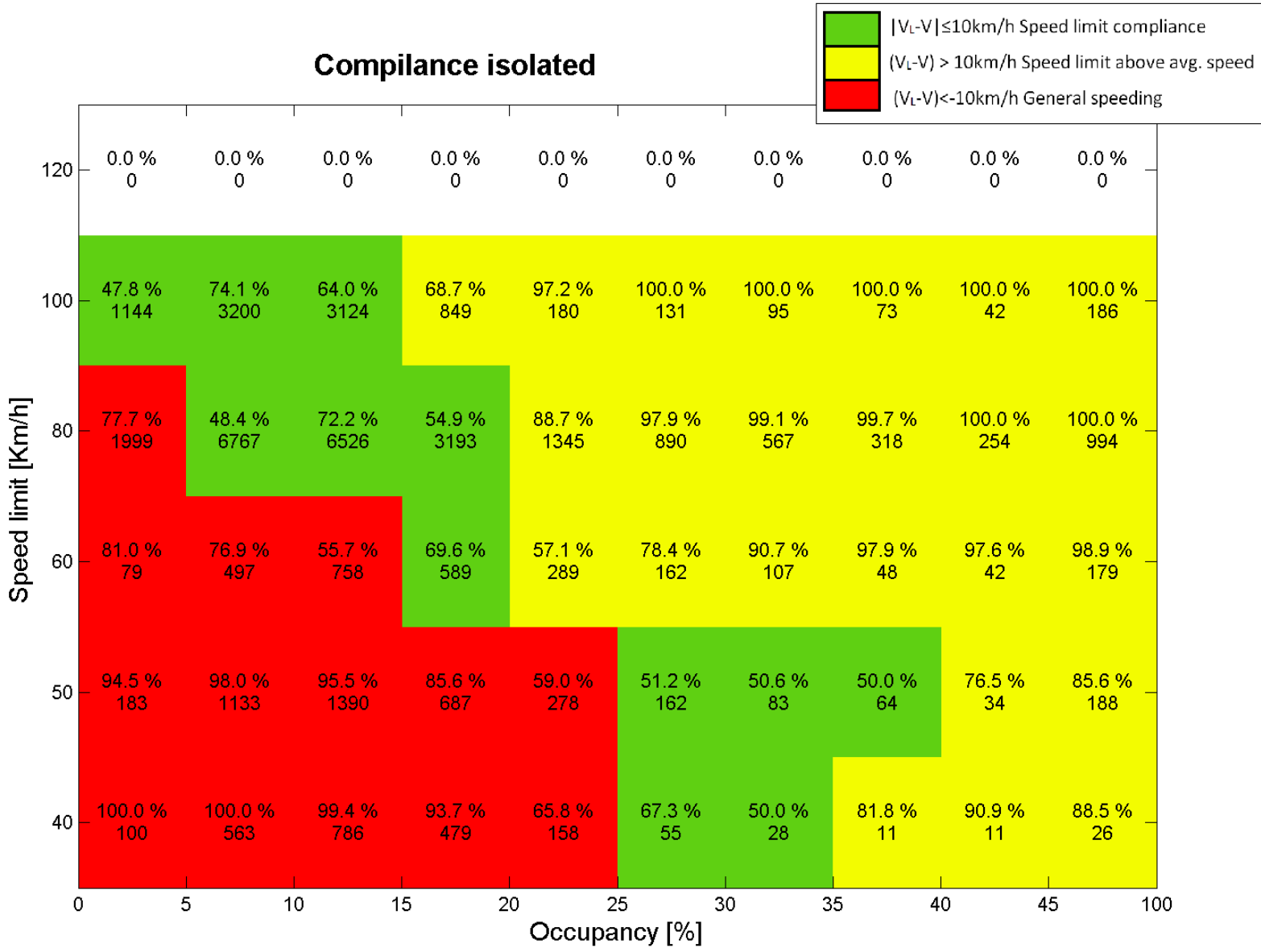
- **Pública – Previa petición**
- Detectores agregación minuto. (Contaje, velocidad, ocupación).
- Detectores actuación individual (solo seleccionados – instante de paso, velocidad, ocupación)
- Límite de velocidad vigente
- Tiempo de viaje (agregación minuto)
- Grabación vídeos
- **Cambios de carril** (agregación minuto)
- Preview datos
- Layout detallado



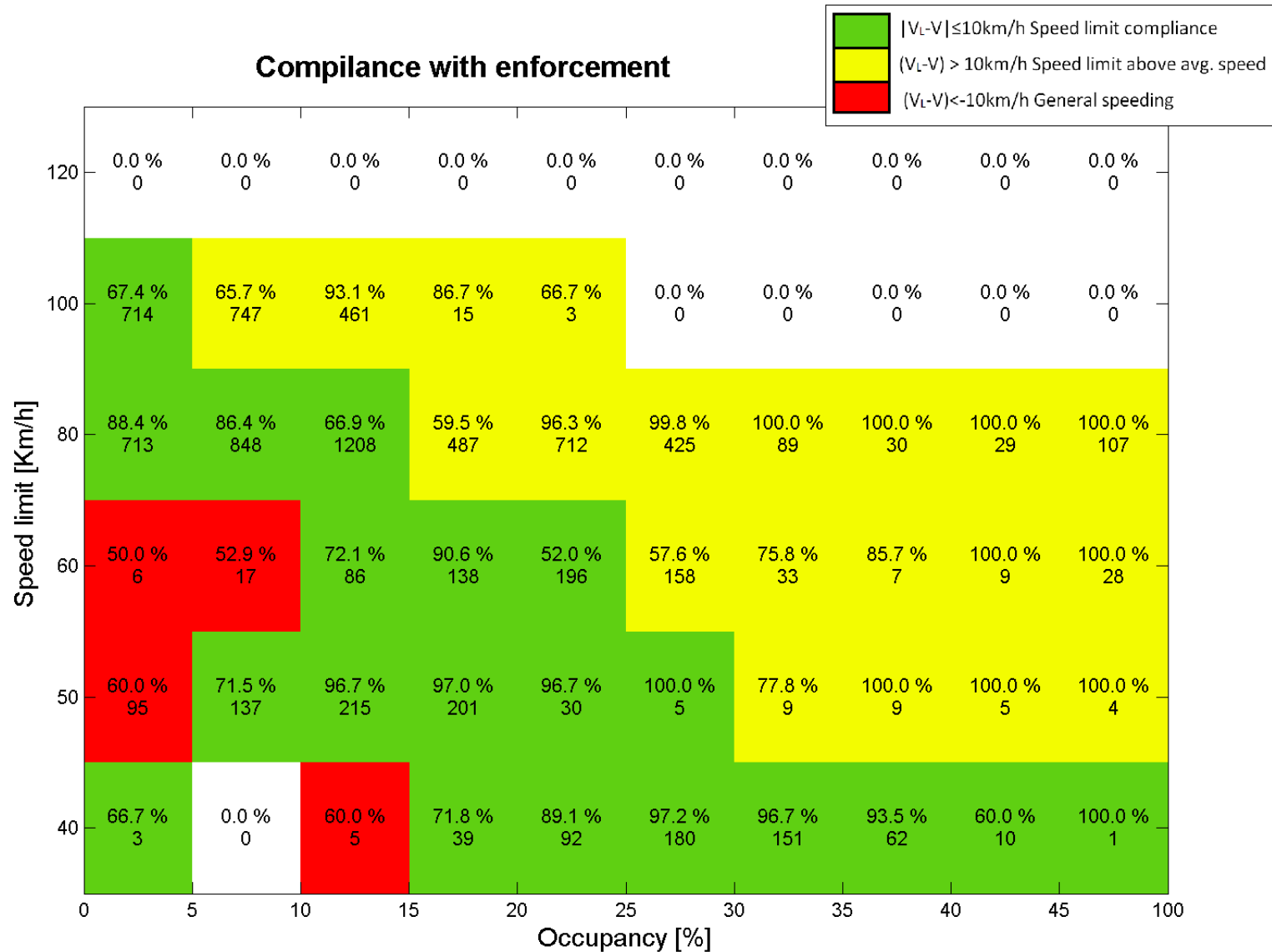
Patire (2010)

# 4 – RESULTADOS PRELIMINARES

# 4.1. Análisis del cumplimiento del límite de velocidad (aislado)



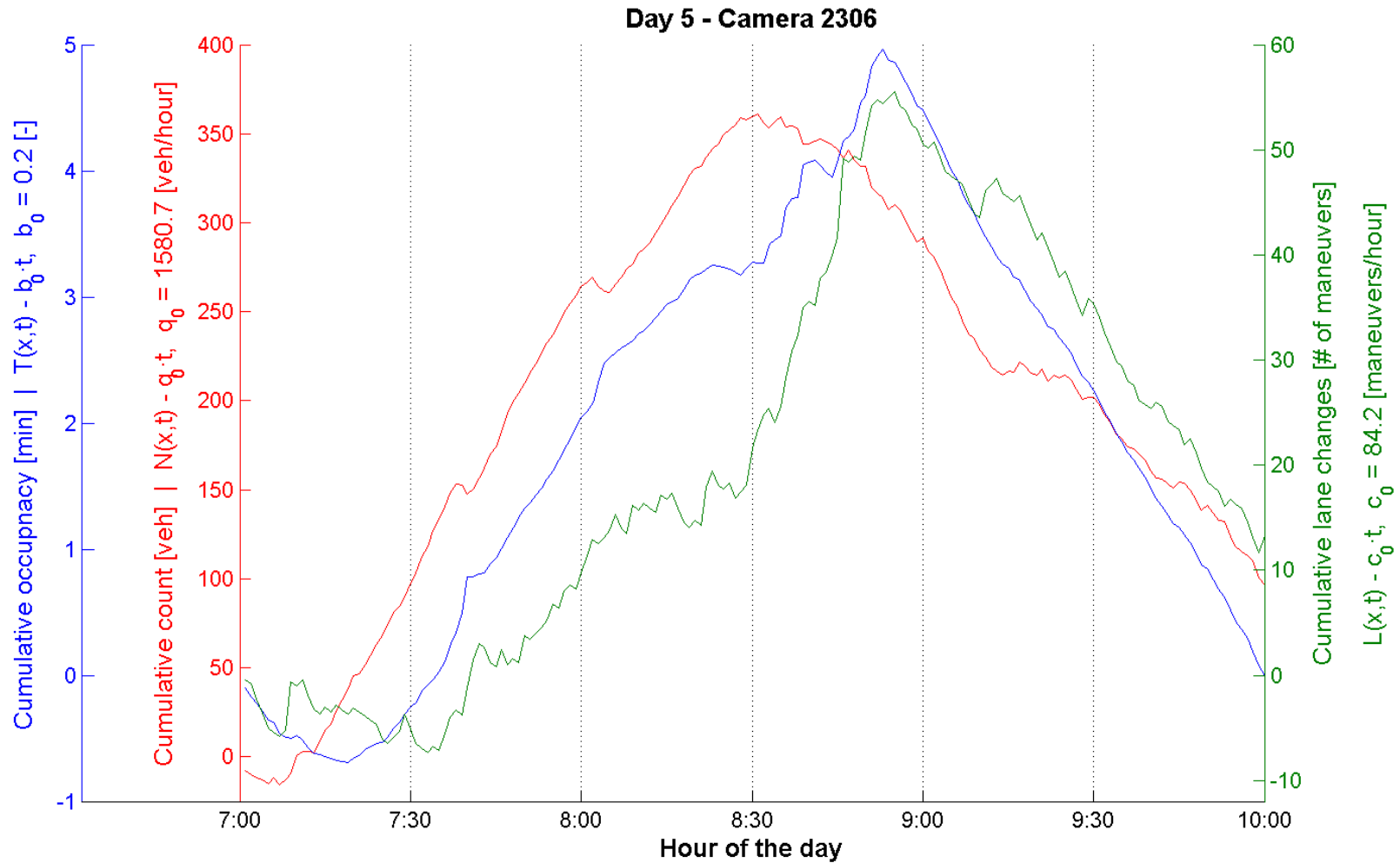
# 4.1. Análisis del cumplimiento del límite de velocidad (con radar)





## 4.2. Límite de velocidad vs Cambio de carril (1)

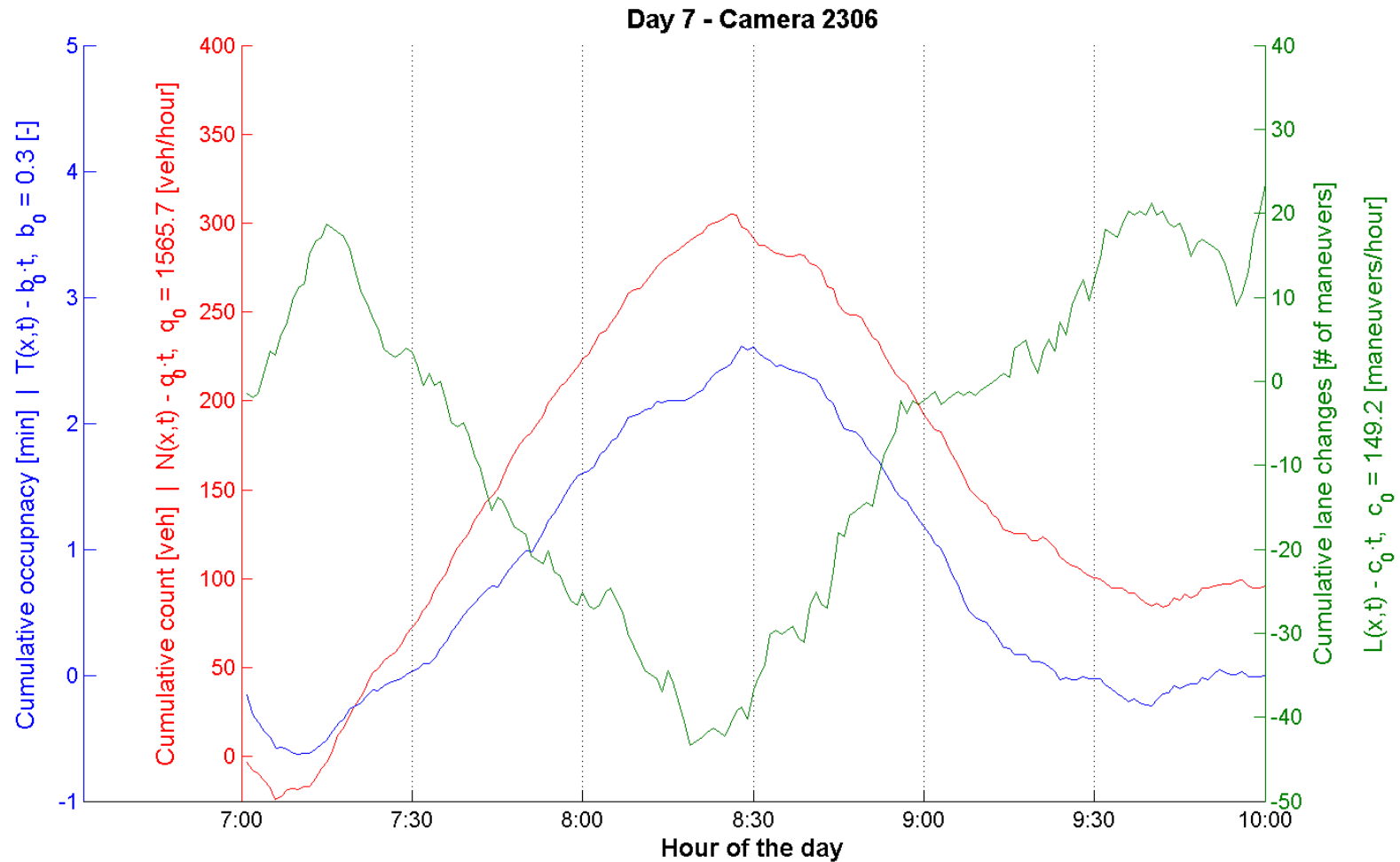
### ▪ Límite 80 km/h



Cassidy and Windover (1995)

## 4.2. Límite de velocidad vs Cambio de carril (2)

### ▪ Límite 40 km/h



Cassidy and Windover (1995)

## 4.2. Límite de velocidad vs Cambio de carril (3)

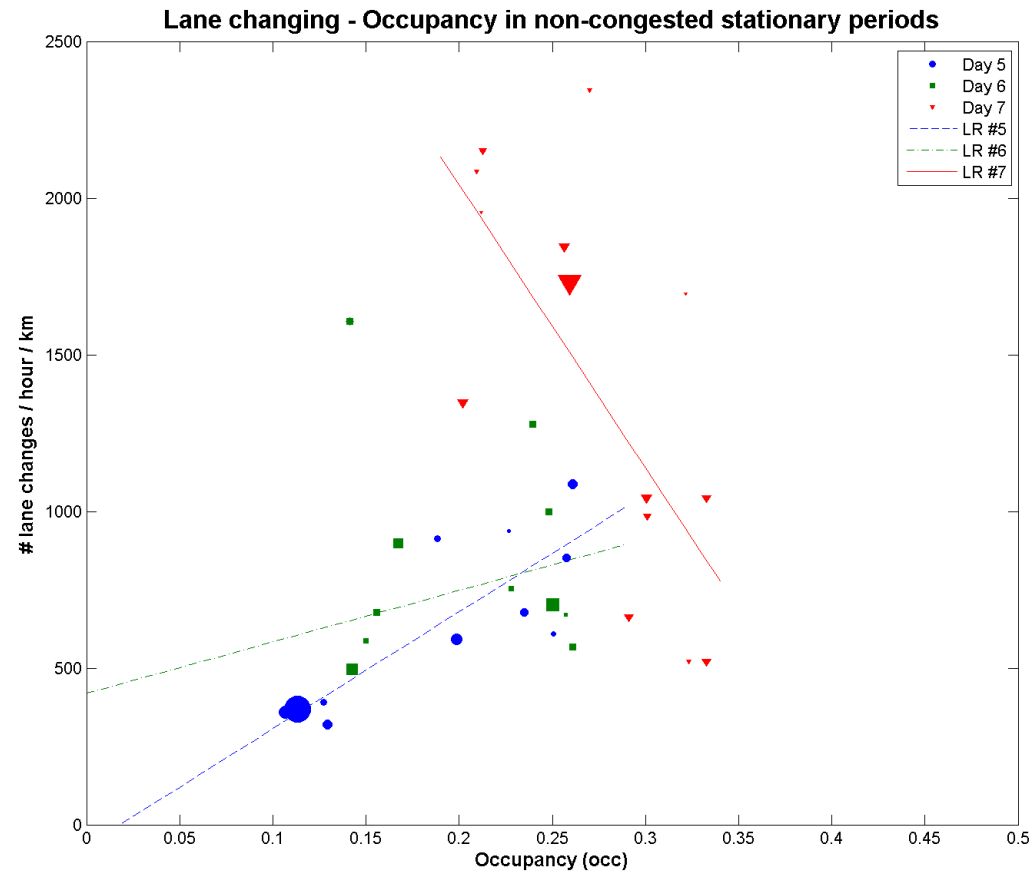
- **Tendencias opuestas para distintos límites de velocidad**
- Limite bajo + occ baja => Cambios de carril elevados
- En la ocupación crítica un SL bajo reduce los cambios de carril

	Avg. Flow [veh/h]	Avg. Occ. [%]	Avg. Speed [km/h]	Dur. [min]	Avg. Lane change [lch/h/km]
Day#5	5954	0,26	53,33	17	767
Day#6	5880	0,26	49,67	11	569
Day#7	5720	0,33	41,33	18	521

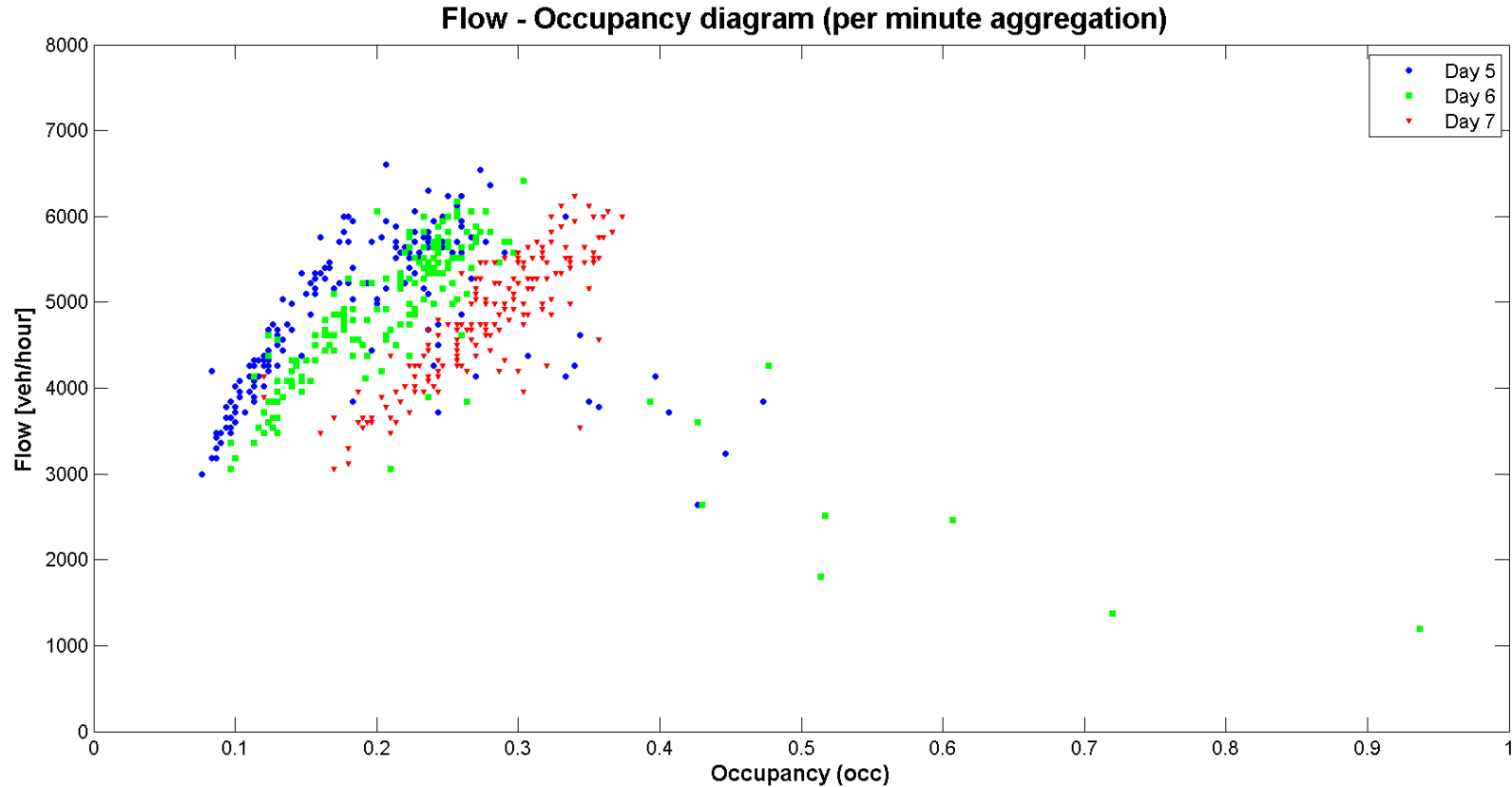
### Estado crítico

- Velocidades críticas muy bajas. Efecto commuter – experiencia conducción.
- Reducción SL (por debajo de  $V_{crit}$ ) incrementa la ocupación crítica.
- Reducción SL implica una muy ligera reducción de la capacidad

### Regímenes crítico y sub-crítico

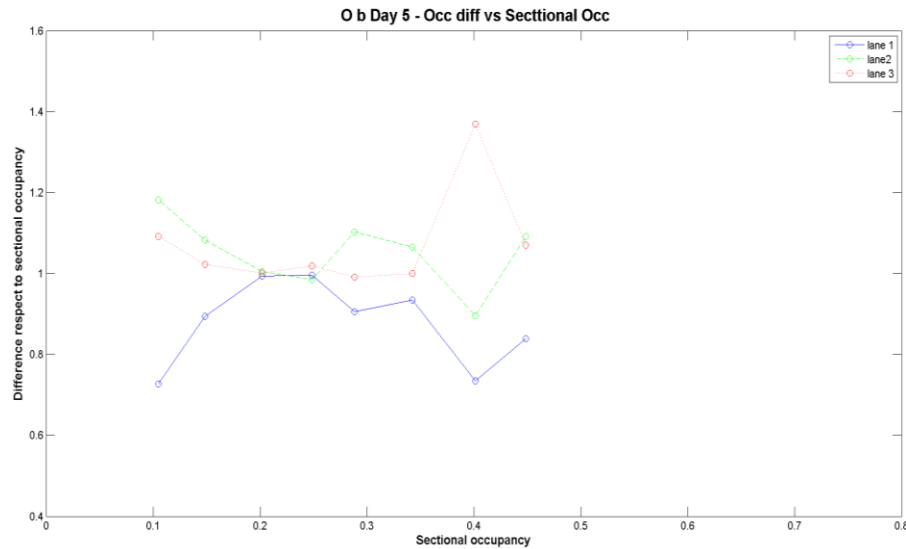


## 4.3. Efectos en el diagrama q-occ

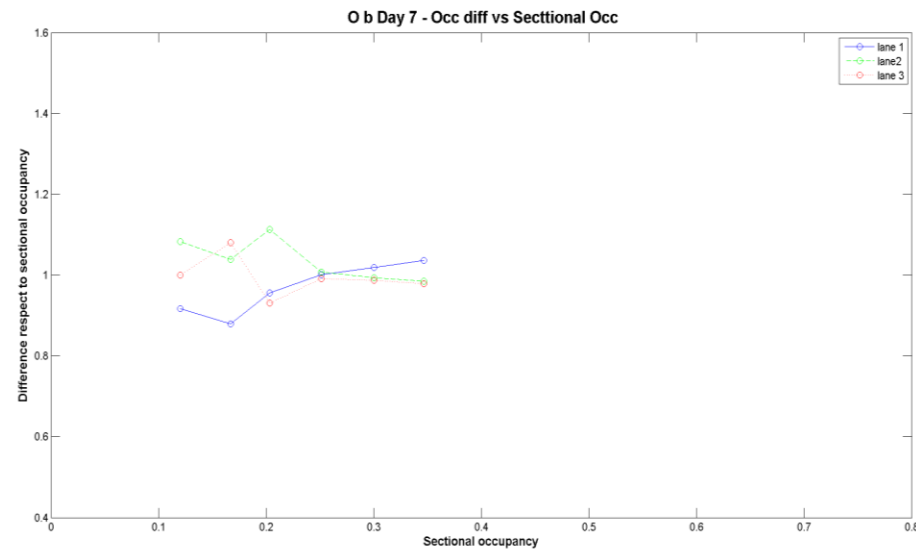
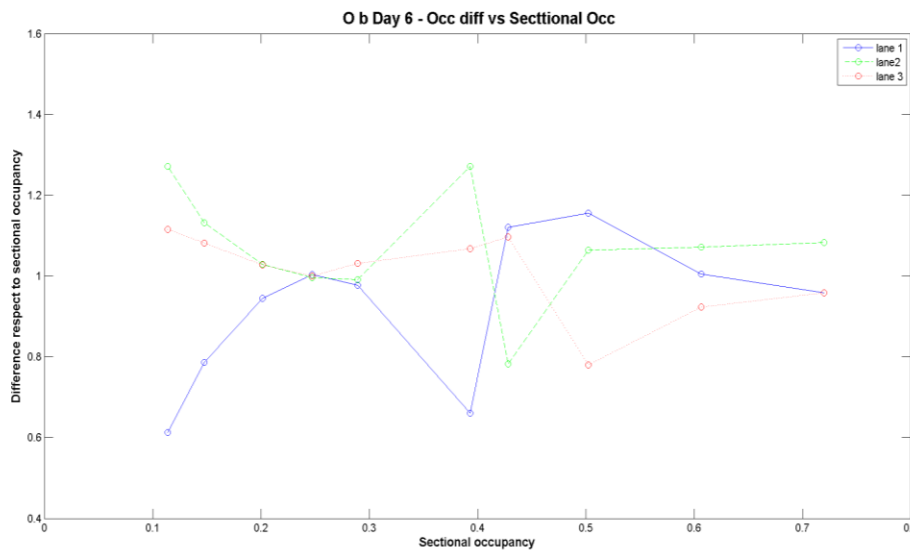


- Velocidades críticas muy bajas, no observadas hasta el momento en autopista.
- Ocupación crítica extremadamente elevada a velocidades límite bajas (reducción cambios de carril)
- Reducción SL a velocidades sub-críticas implica una muy ligera reducción de capacidad. ¿Metering troncal?

## 4.4. Efectos en la utilización de carriles



- A capacidad ocupaciones uniformes de carriles independientemente del SL.
- SL bajos contribuyen a una mejor utilización de los carriles a ocupaciones bajas. A cambio de un incremento del cambio de carril.



# 5 – CONCLUSIONES



## 5. Conclusiones e investigación futura

### Conclusiones

- Experimentación en tráfico: vital pero enormemente difícil (administrativamente y tecnológicamente).
- Estamos en tiempos de OpenData.
- Medidas empíricas que ponen en duda algunas de las hipótesis generalmente aceptadas.
- Radares como herramienta fundamental de control del tráfico.

### Investigación futura

- Análisis períodos congestionados inestables (stop&go).
- Análisis micro (a nivel vehículo) y a nivel carril.
- Adaptación de modelos de tráfico a nuevas hipótesis.
- Nuevas estrategias de gestión y control.

# FREEWAY LAB: TESTING DYNAMIC SPEED LIMITS

Francesc Soriguera  
Marcel Sala



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Departament d'Infraestructura del Transport  
i del Territori

## Agradecimientos:

Irene Martínez  
Mónica Menéndez



servei català de

**Trànsit**



**CIT 2014** **SANTANDER**

*XI Congreso de Ingeniería del Transporte*

*"El camino hacia el progreso"*

*9, 10 y 11 de Junio*



CANTABRIA  
CAMPUS  
INTERNACIONAL



GOBIERNO  
de  
CANTABRIA



AYUNTAMIENTO DE  
SANTANDER



Red de Ingeniería de los Transportes