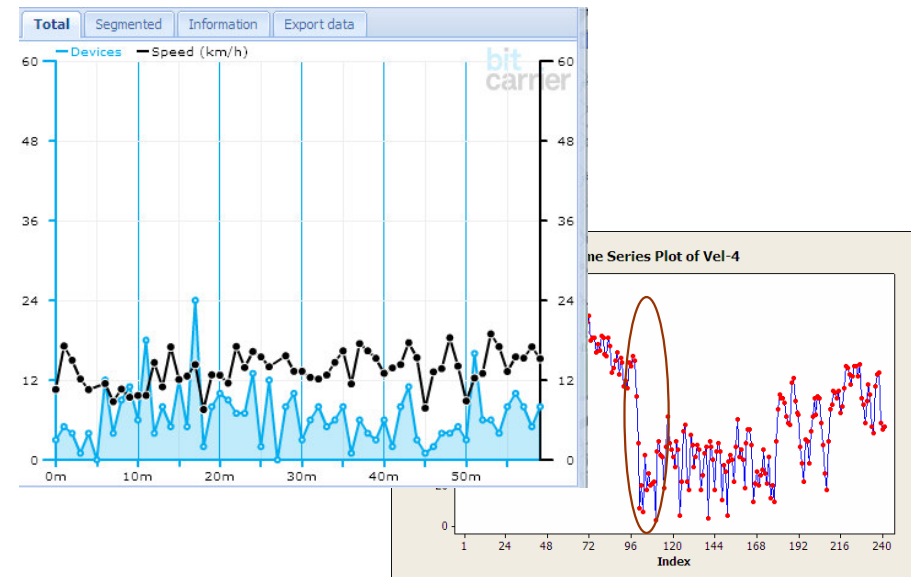
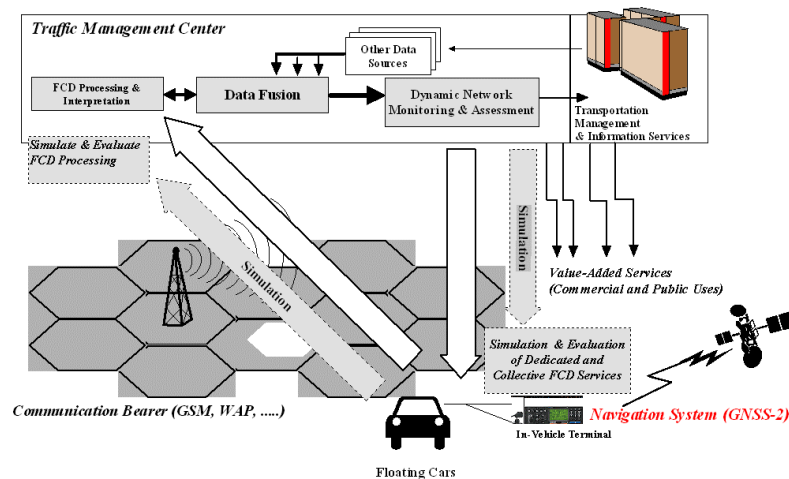


# CAPTURA, FILTRADO Y FUSIÓN DE DATOS PARA ATIS/ATMS

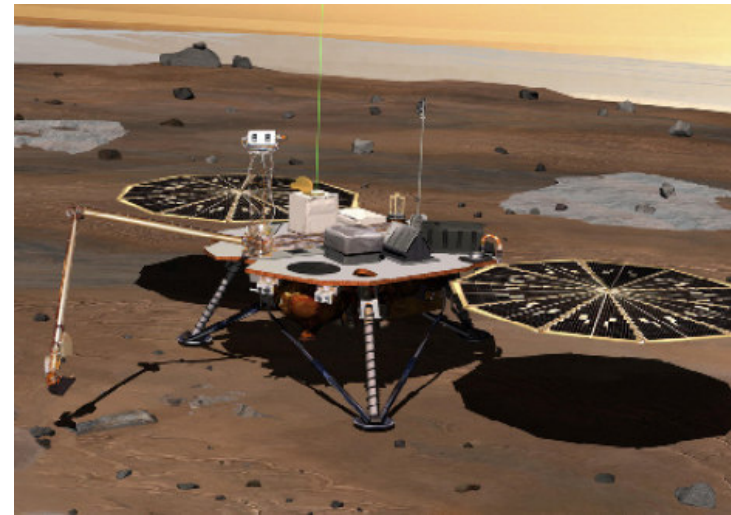
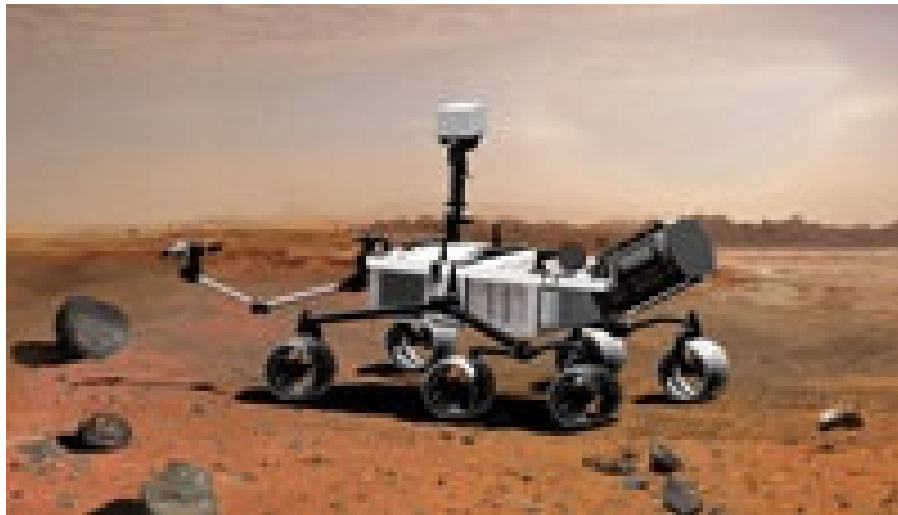
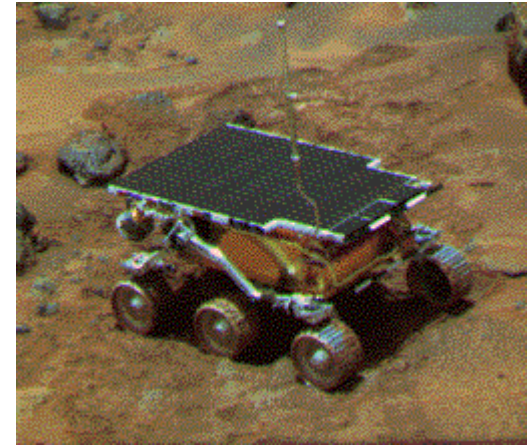
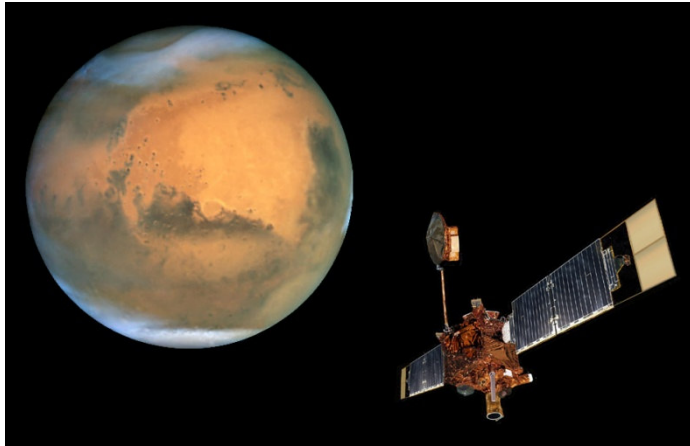


Jaume Barceló y Yuji Yoshimura

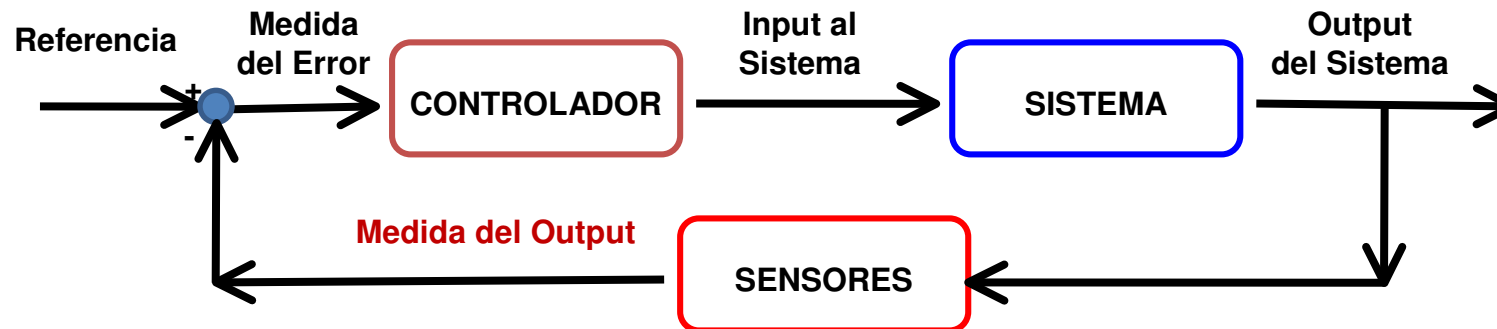
Director Científico del Área TIC y Movilidad del CENIT

(Centre d'Innovació del Transport  
Universitat Politècnica de Catalunya)

## MARS GLOBAL SURVEYOR, MARS PATHFINDER, MARS EXPLORER, MARS PHOENIX LANDER....

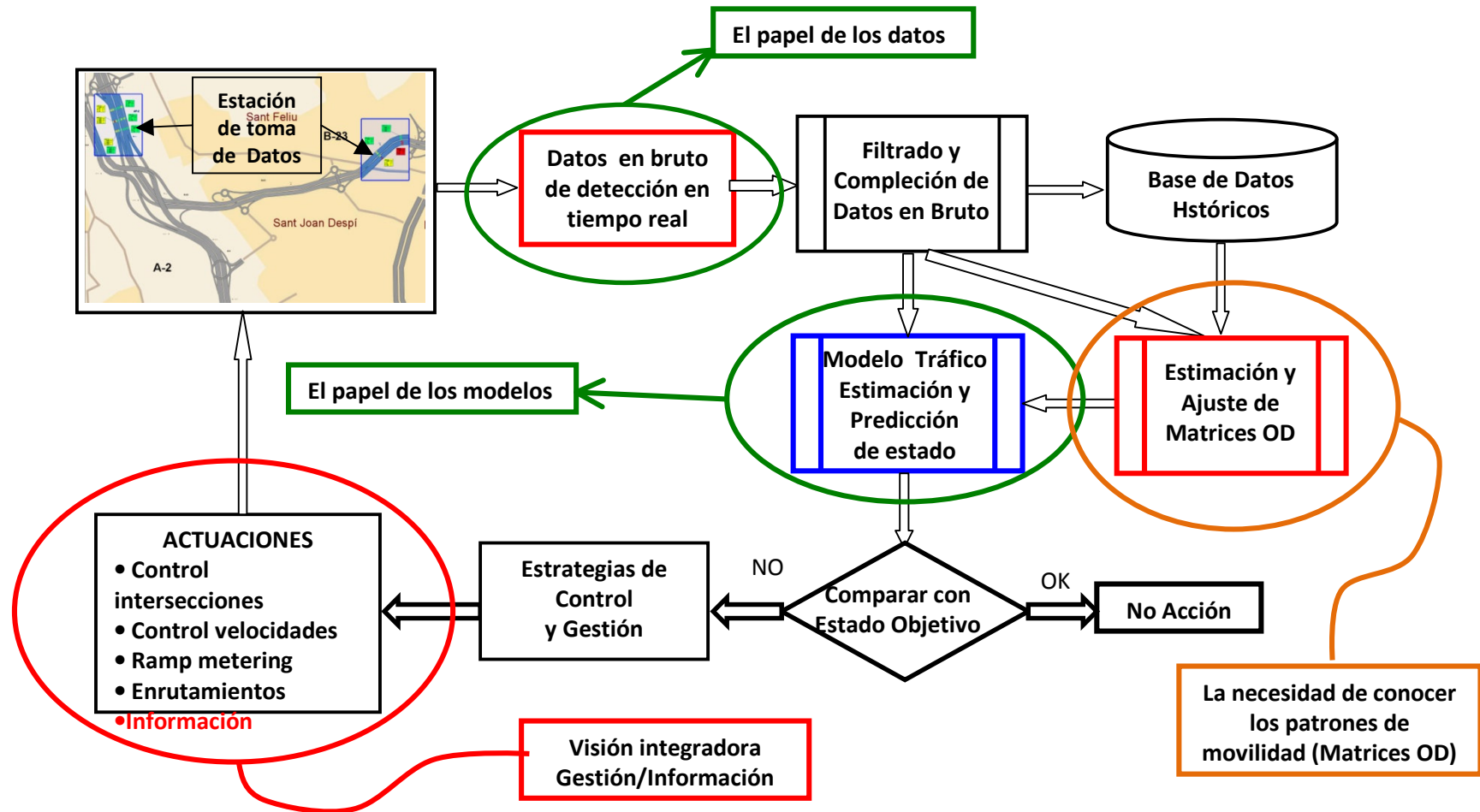


# CONTROL Y OBSERVABILIDAD



- Formalmente, se dice que un **Sistema** es **observable** si, para cualquier secuencia de vectores de estado y de control, el estado en curso puede determinarse en un tiempo finito utilizando únicamente los outputs del sistema.
- Es una definición que implícitamente asume un enfoque de “Espacio de Estados” para la representación de la dinámica del sistema e **implica que el comportamiento de todo el sistema puede determinarse a partir de la medida de los outputs.**
- **Si un sistema no es observable entonces los valores de sus estados no pueden determinarse a partir de las medidas del output por lo sensores: lo que significa que sus valores son desconocidos para el controlador y entonces será incapaz de satisfacer los objetivos del control.**

# APLICACIÓN AL CASO DE LOS SISTEMAS DE TRÁFICO (I)



## APLICACIÓN AL CASO DE LOS SISTEMAS DE TRÁFICO (II)

- Los Sistemas de tráfico son
  - De mayor dimensión y
  - Más complejos
- Que sistemas como el Mars Pathfinder, Mars Explorer, Mars Phoenix Lander...
- Además exhiben un alto grado de incertidumbre debido a la aleatoriedad de los comportamientos humanos
- ¿Podemos controlarlos adecuadamente con una sensorización netamente inferior y más imprecisa?
- ¿Son observables?

# LA OBSERVABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRÁFICO (I): SENSORIZACIÓN

		Data collection technologies							
		Point sensors			Point-to-point			areawide	
		Loop detectors	Radar/infrared/ acoustic sensors	CCTV cameras	License plate recognition	GPS/cell-phone tracking	transponder-based (1)	Airborne sensors	AVL
Data collection capabilities	(Point) flows	√	√	√			√#		
	(Point) speeds	√	√	√		(3)			
	Occupancies	√		√					
	Subpath flows				√*	√	√*#	√	√***
	Route choice fractions				√*	√	√*#	√	
	OD flows				√*	√	√*#	√	
	Travel times				√*	√	√*#	√	√***
	Vehicle classification	√	√	√			√	√	
	Paths				(2)	√	(2)	√	√*

(1) This technology could be used to collect practically any type of information from the vehicle (including speed profiles, origin, destination, and path). In this table, only the information that can be collected by "dumb" transponders, that simply report a unique vehicle signature, is reported.

(2) Possible with a dense network of detectors

(3) When combined with GPS

\* Data limited by network design

\*\* Data limited by market penetration

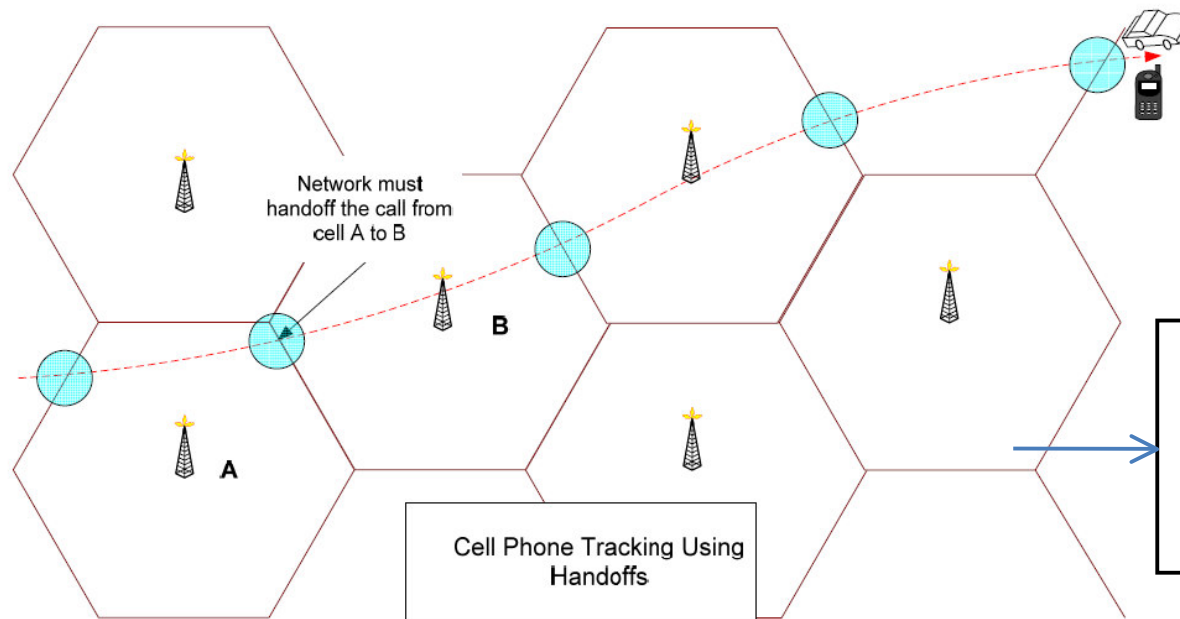
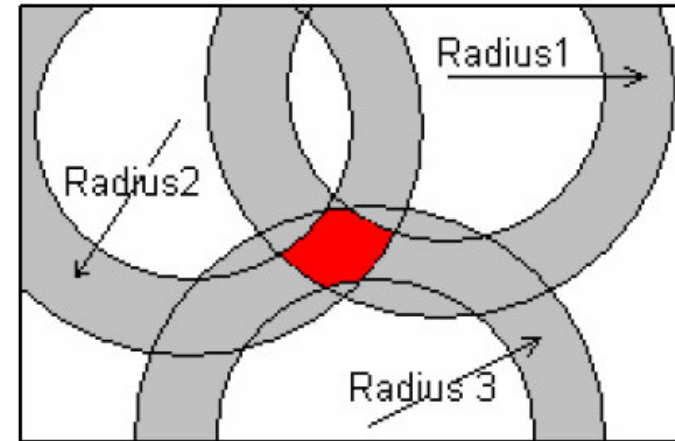
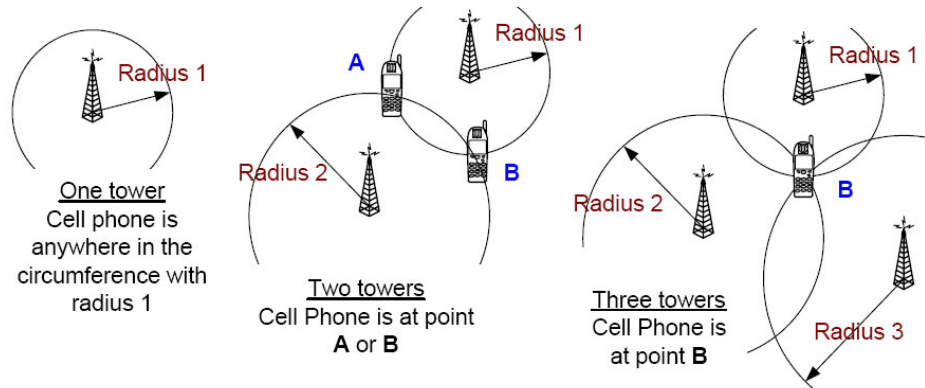
# indirect; for the sample of equipped vehicles only

# LA OBSERVABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRÁFICO (II): SENSORIZACIÓN



- Road Side Unit (RSU). Sensor genérico activo capaz de:
  - Dialogar con el vehículo equipado (como en el caso de las tecnologías V2I)
  - Identificar un dispositivo a bordo de un vehículo equipado:
    - TAG
    - Bluetooth
    - ETD: Sensores genéricos pasivos:
      - Espiras
      - CCTV
      - Microondas
      - Magnetómetros
- Otras posibilidades:
  - Localización Automática de Vehículos (equipamientos GPS+GPRS)

# DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO POR TELEFONÍA MÓVIL

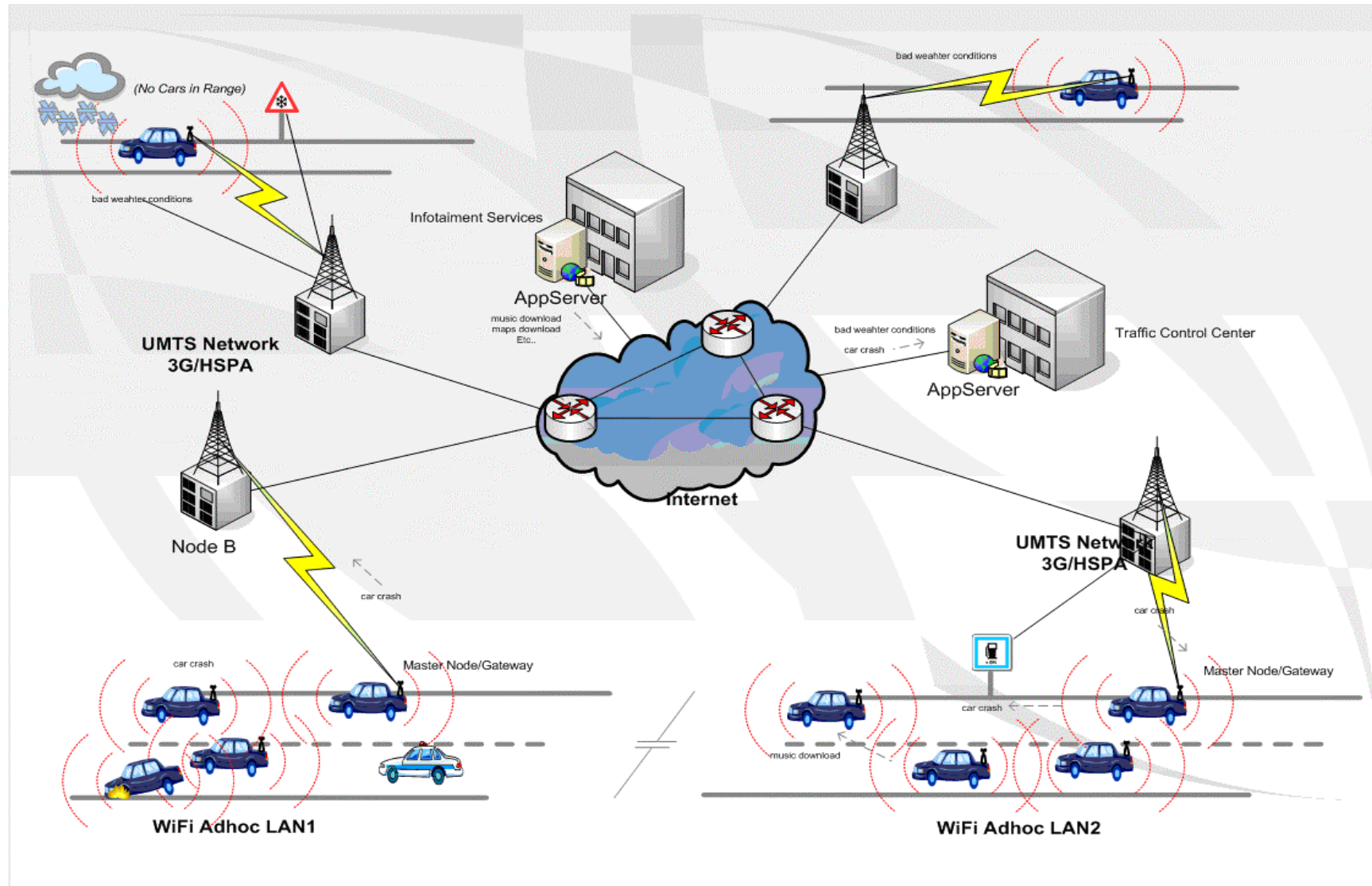


Errores entre 50 y 200 m

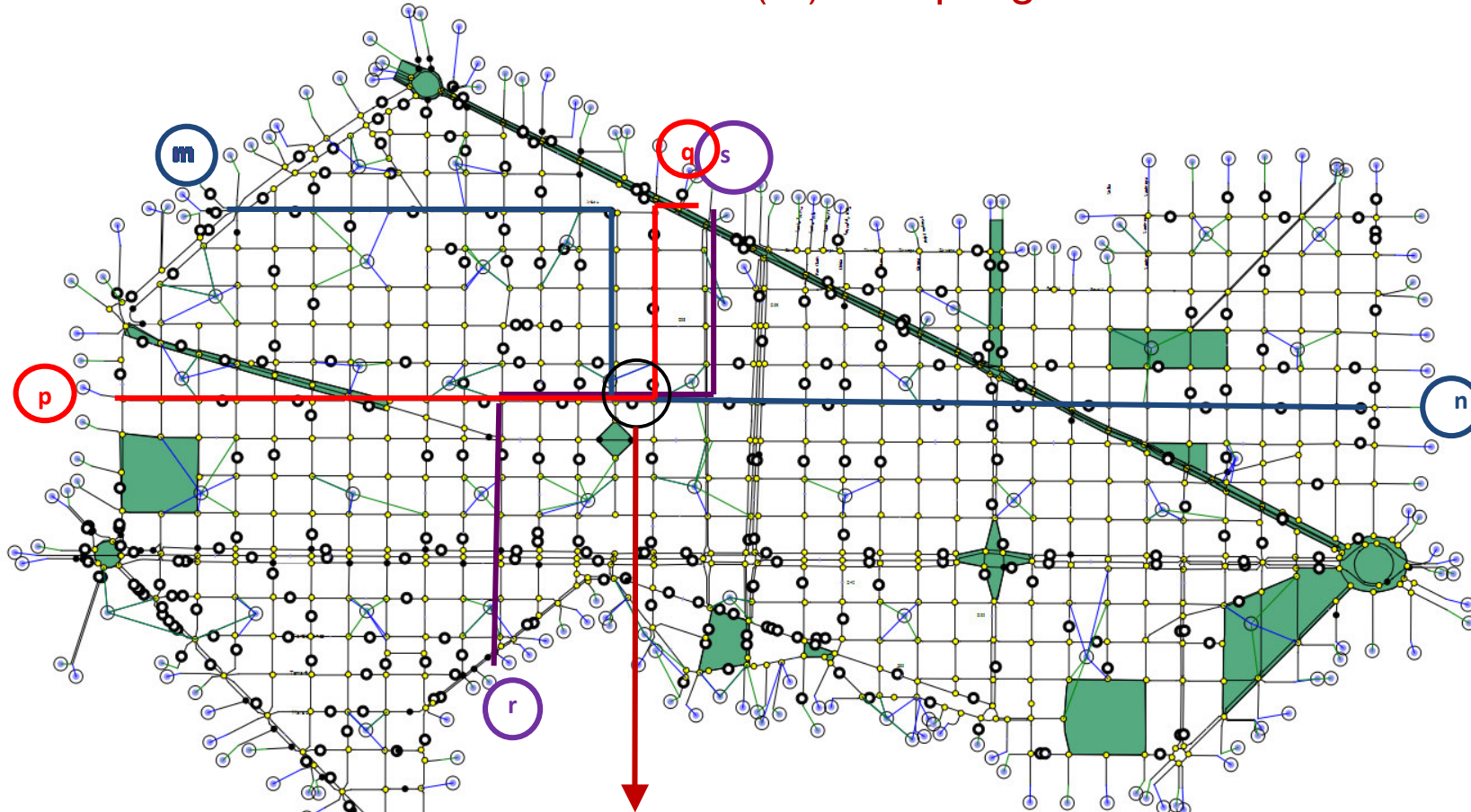
Resultados aceptables en algunos casos, errores de hasta un 20% en velocidades



# PERSPECTIVAS DE FUTURO: COMUNICACIONES V2V Y V2I, EL ESCENARIO TIC DEL PROYECTO MARTA



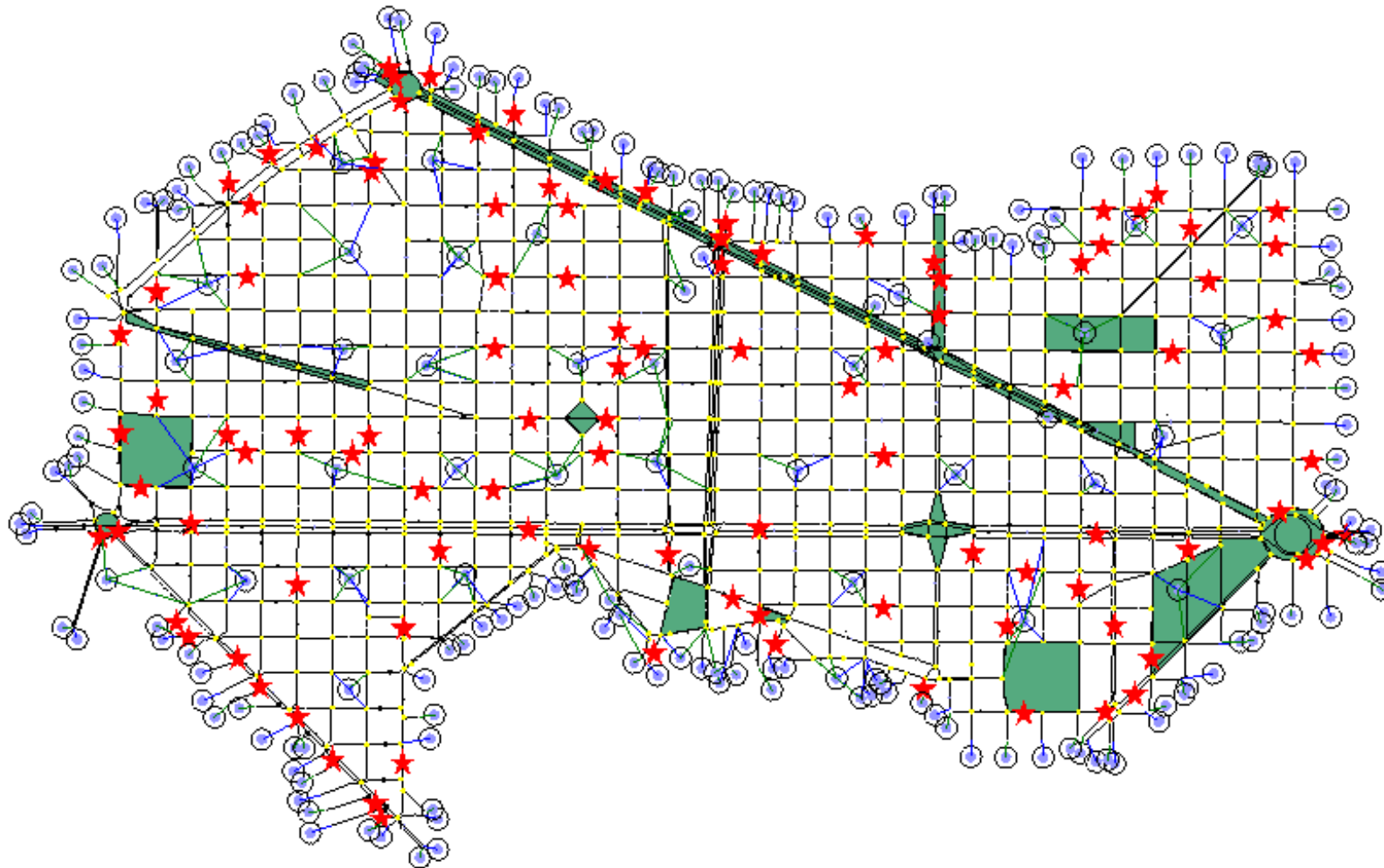
## LA OBSERVABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRÁFICO (III): Despliegue de sensores



$$v_a = \sum_{i \in I} \sum_{k \in K_i} h_k \delta_{ak}, \quad I = \{\text{set of all OD pairs}\}; K_i = \{\text{set of paths for } i\text{-th OD pair}\}; h_k \text{ flow on path } k; \delta_{ak} = \begin{cases} 1 & \text{if link } a \in \text{path } k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sum_{i \in I} p_{ai} g_i = \hat{v}_a; \quad p_{ai} \text{ proportion of the demand of the } i\text{-th OD pair using link } a, \hat{v}_a \text{ flow measured on link } a \in \hat{A} \subset A$$

# PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE DETECTORES EN EL ENSANCHE DE BARCELONA (70 EXISTENTES+30 NUEVOS) A PARTIR DE LA COMBINACIÓN DE MODELOS DE RECUBRIMIENTO Y ASIGNACIÓN DINÁMICA DE TRÁFICO

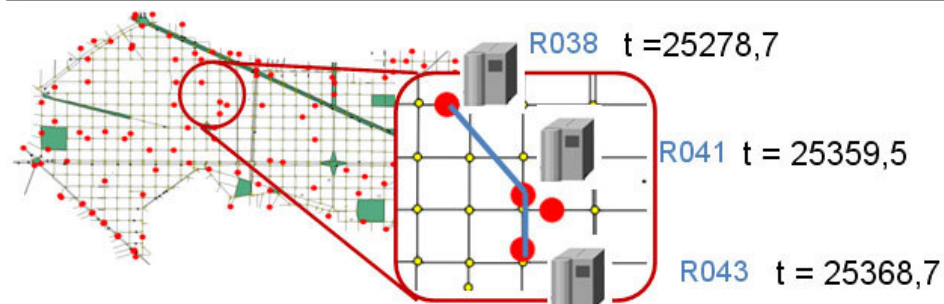


# CAPTURA DE DATOS DE DISPOSITIVOS MÓVILES

CAMPO	DESCRIPCIÓN
<b>idSensor</b>	Identificador del sensor que realiza la detección
<b>idDisp</b>	Identificador del dispositivo equipado
<b>timestamp</b>	Instante de tiempo en que se realiza la detección

idDisp	idSensor	timestamp
20	R004	25216,933594
111	R004	25224,636719
141	R004	25226,017578
235	R004	25244,925781
492	R004	25275,667969
839	R004	25279,984375
850	R004	25281,910156
429	R004	25290,367188
591	R004	25294,316406
863	R004	25302,082031
1274	R004	25319,001953
1378	R004	25324,984375
975	R004	25333,810609

idDisp	P067	...	P071	...	P074	...	R038	R039	R041	R042	R043
83	25275,2		25255,9		25206,6						
...											
117							25278,7		25359,5		25368,7
...											
134									25267		25276,4



# FUENTES PRIMARIAS DE DATOS EN EL PROYECTO In4Mo (Programa AVANZA)

- **Escenario Piloto: Ensanche de Barcelona**

- **Disponible:**

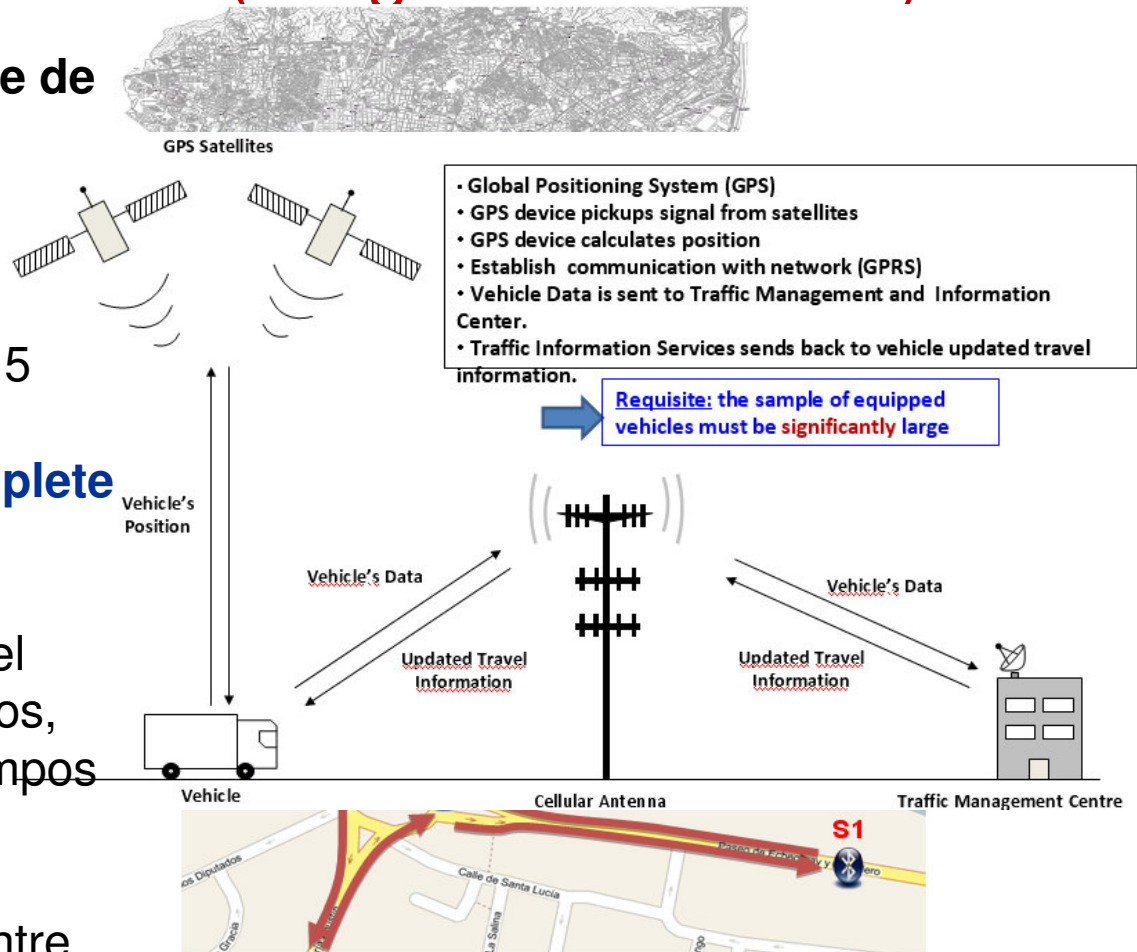
Datos de las 70 ETD del Ayuntamiento (intensidades y ocupaciones agragadas cada 5 minutos)

- **Disponible cuando se complete el despliegue previsto:**

Un número a determinar de sensores Bluetooth (conteo del número de vehículos equipados, medidas de velocidades y tiempos de viaje entre sensores)

- **En proceso:**

Datos GPS de una flota de entre 100 y 200 taxis equipados



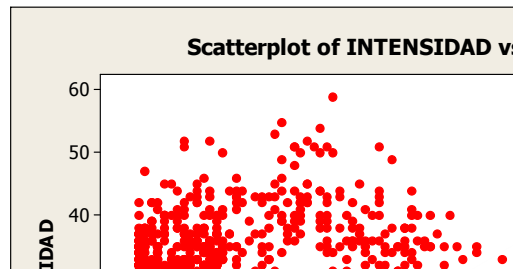
- Global Positioning System (GPS)
- GPS device pickups signal from satellites
- GPS device calculates position
- Establish communication with network (GPRS)
- Vehicle Data is sent to Traffic Management and Information Center.
- Traffic Information Services sends back to vehicle updated travel information.

Requisite: the sample of equipped vehicles must be significantly large

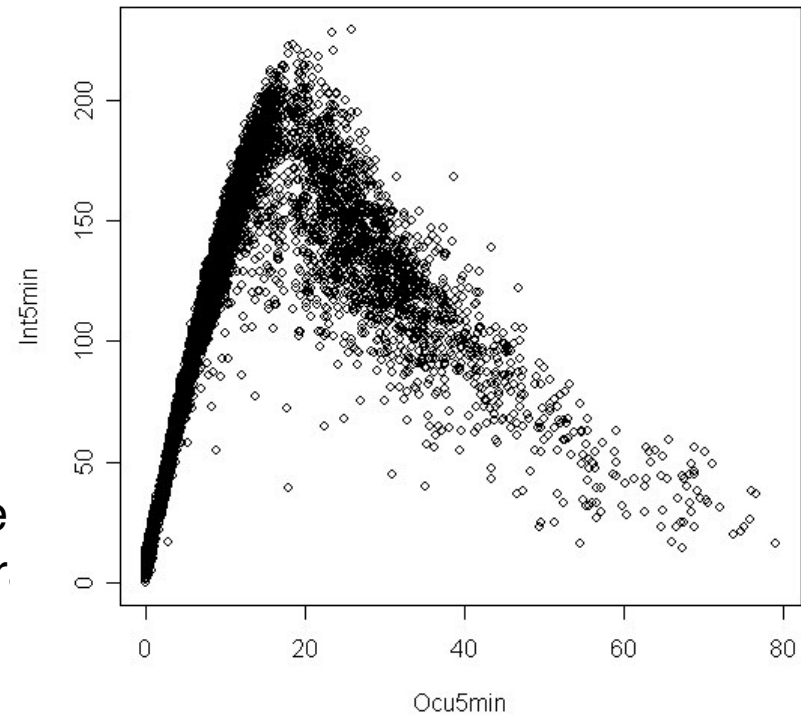
Monitorización de dispositivos móviles Bluetooth

# PERO....

- ¿Cuán fiables son los datos que nos proporcionan las tecnologías tradicionales (Espiras)?



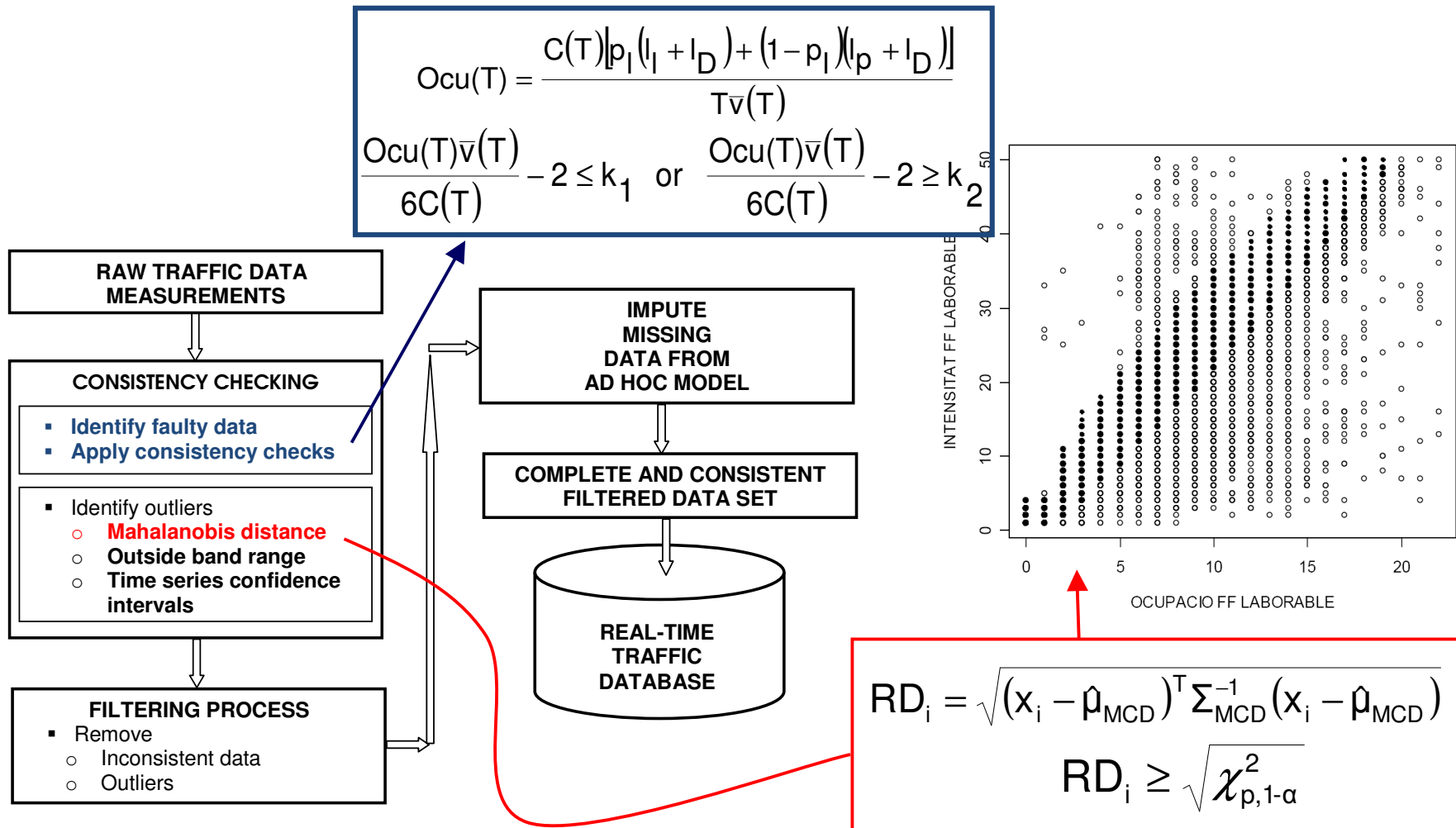
¿Puede variar la inte  
vehículos/minuto par



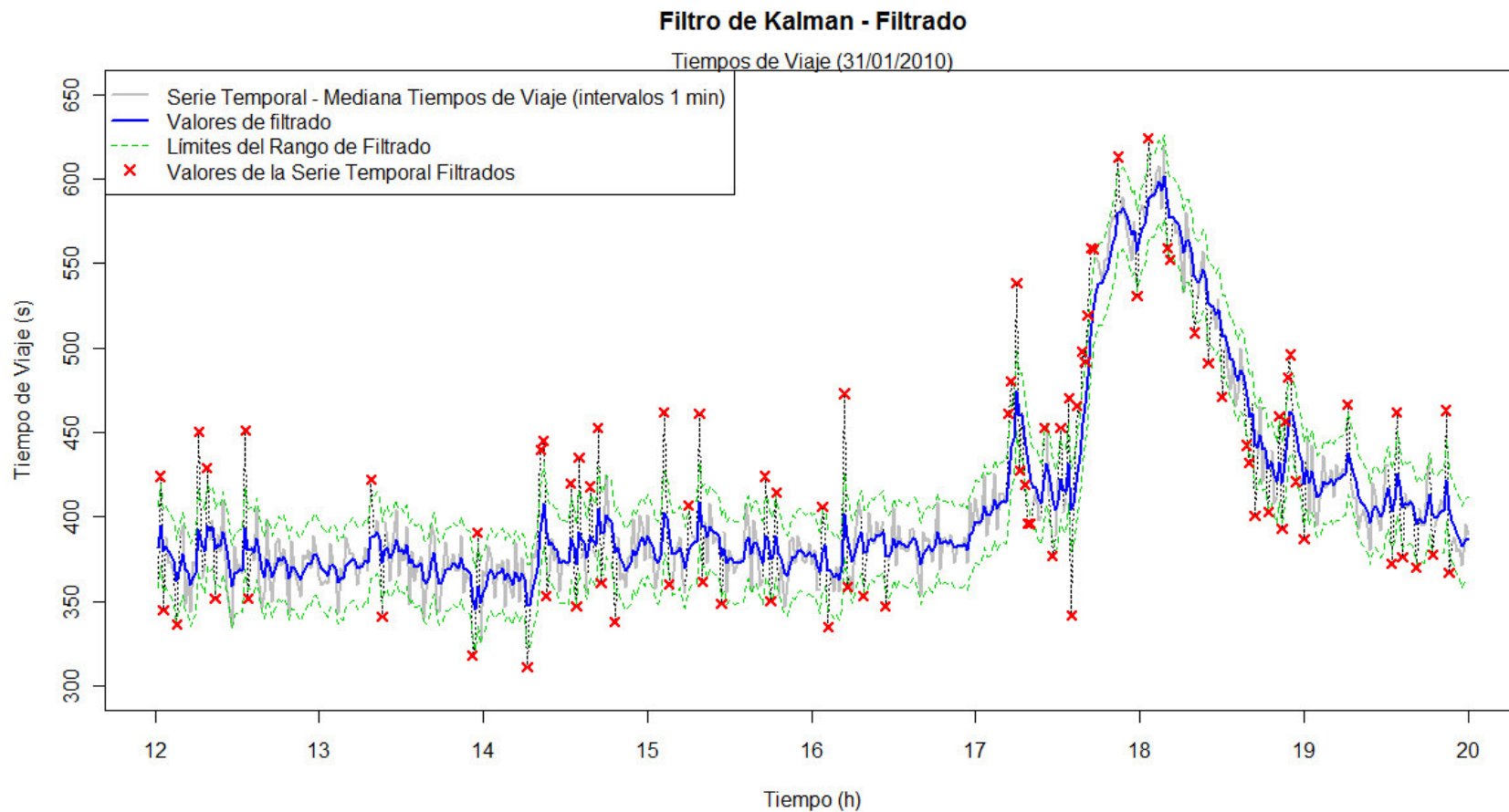
Las agregaciones temporales suavizan  
las asperezas

Pero, las agregaciones sólo son válidas para objetivos de  
planificación pero no de control, y menos aún en tiempo real

# SOME HINTS ON DATA CONSISTENCY CHECKING AND FILTERING



# INCLUSO PARA LOS SENSORES MÁS FIABLES SIGUE SIENDO NECESARIO EL FILTRADO DE LOS ATÍPICOS: EJEMPLO DE FILTRO DE KALMAN PARA ELIMINACIÓN DE ATÍPICOS EN TIEMPO REAL PARA SENSORES DE IDENTIFICACIÓN DE HUELLA ELECTRÓNICA





# ADAPTACIÓN DEL ALGORITMO TRANSGUIDE

$$\text{Stt}_{ABk} = \{t_{Bi} - t_{Ai} \mid t_k - t_{k-1} < t_{Bi} \leq t_k \text{ and } \text{tt}_{AB \min k} \leq t_{Bi} - t_{Ai} \leq \text{tt}_{AB \max k}\}$$

$$\text{tt}_{AB \min k} = e^{\lfloor \ln(\text{tts}_{ABk}) - n_{\sigma} \cdot (\sigma_{\text{stt}_{ABk}}) \rfloor}$$

$$\text{tt}_{AB \max k} = e^{\lfloor \ln(\text{tts}_{ABk}) + n_{\sigma} \cdot (\sigma_{\text{stt}_{ABk}}) \rfloor}$$

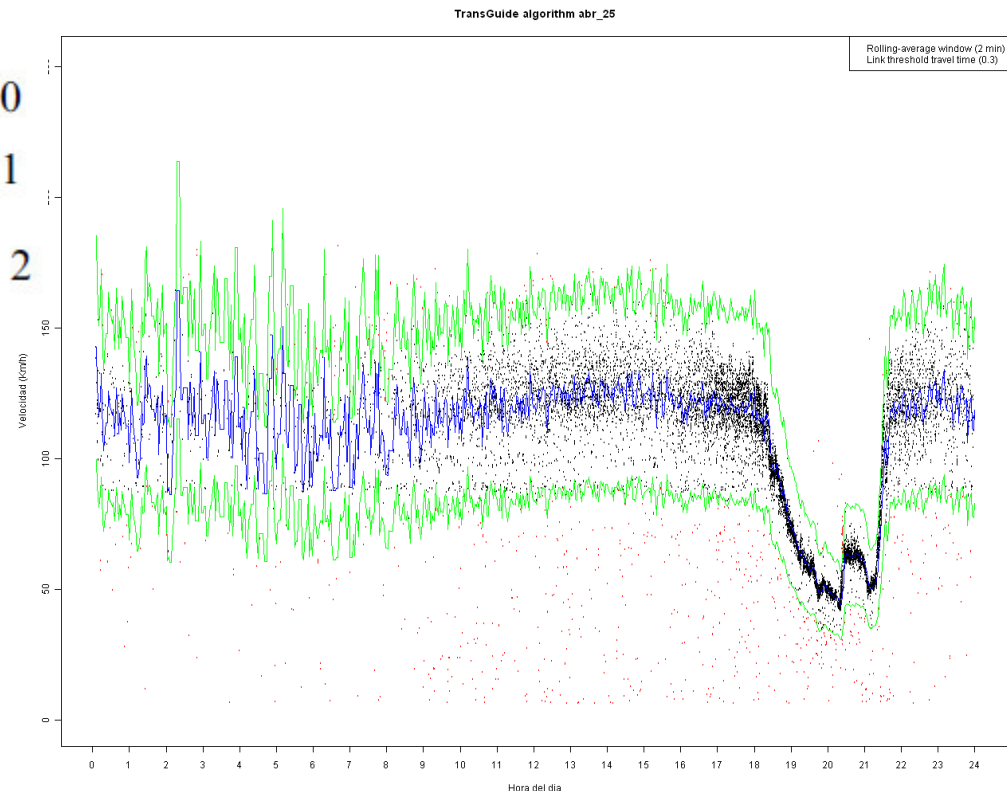
$$\text{tt}_{ABk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{vk}} (t_{Bi} - t_{Ai})}{n_{vk}}$$

$$\sigma_{\text{tt}_{ABk}}^2 = \begin{cases} 0 & \text{for } n_{vk} = 0 \\ \frac{[\ln(t_{Bi} - t_{Ai})_k - \ln(\text{tts}_{ABk})]^2}{n_{vk}} & \text{for } n_{vk} = 1 \\ \frac{\sum_{i=1}^{n_{vk}} [\ln(t_{Bi} - t_{Ai})_k - \ln(\text{tts}_{ABk})]^2}{n_{vk} - 1} & \text{for } n_{vk} \geq 2 \end{cases}$$

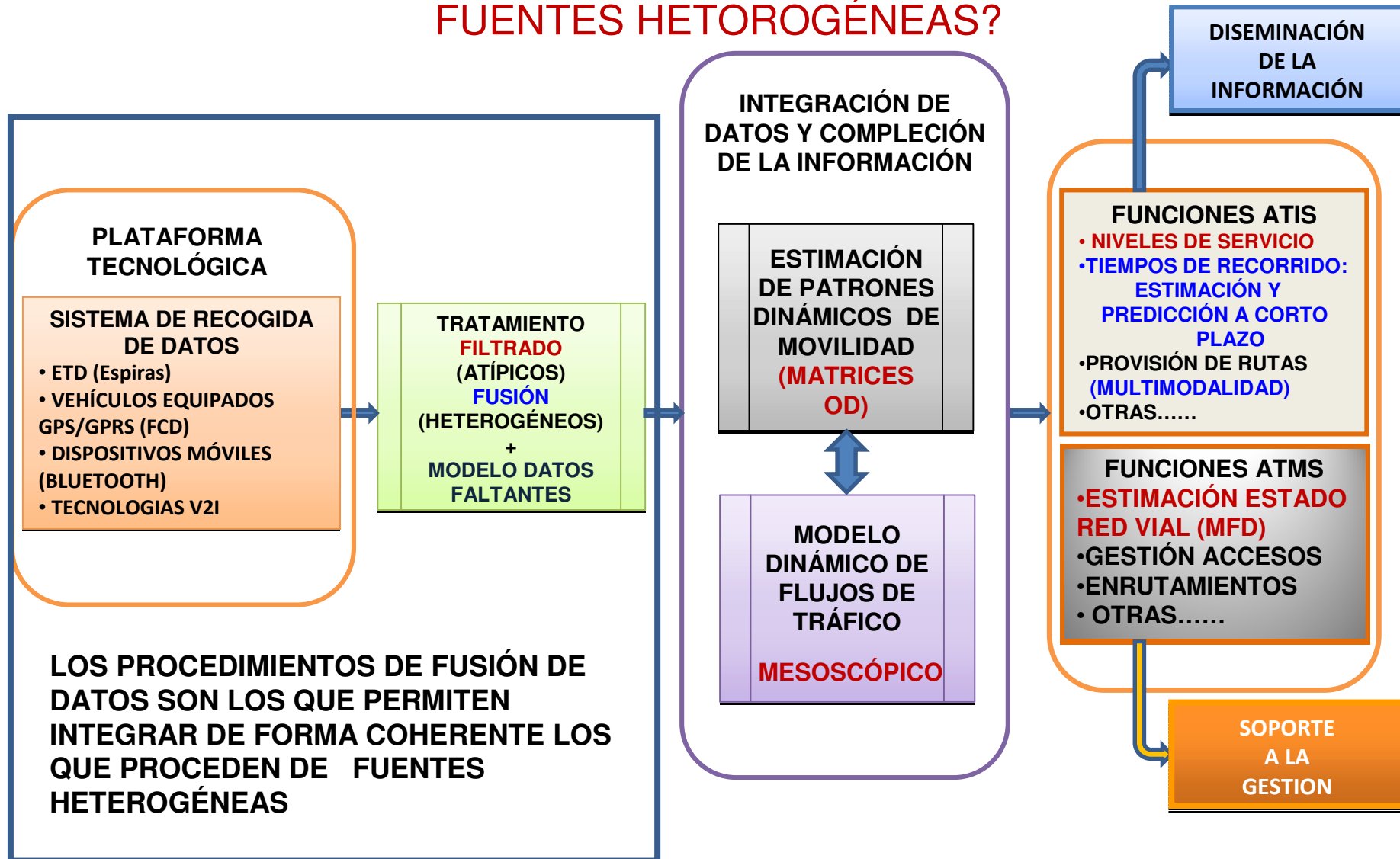
$\text{tt}_{AB \min k}$  y  $\text{tt}_{AB \max k}$  representan los límites inferior y superior de las observaciones válidas de tiempos de recorrido

$t_k$  representa el tiempo al final de cada intervalo de cálculo  $k$ .

$\text{tt}_{ABk}$  es el tiempo medio de recorrido, entre un par de sensores de identificación de huella electrónica para el intervalo de tiempo en curso y  $\sigma_{\text{stt}_{ABk}}^2$  la variancia.



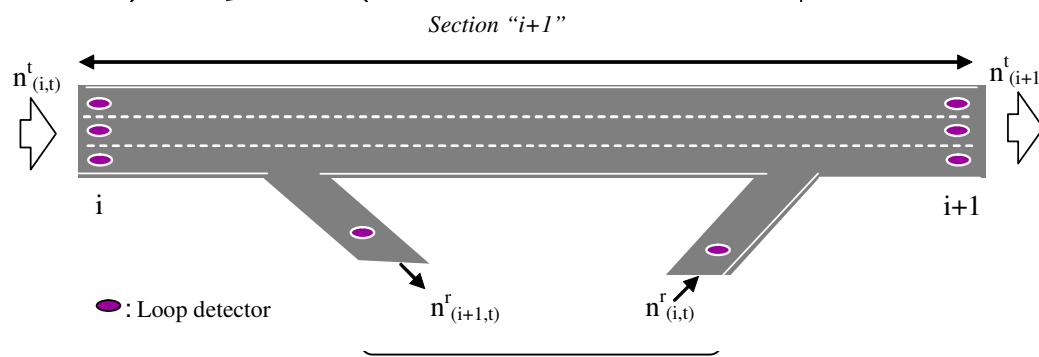
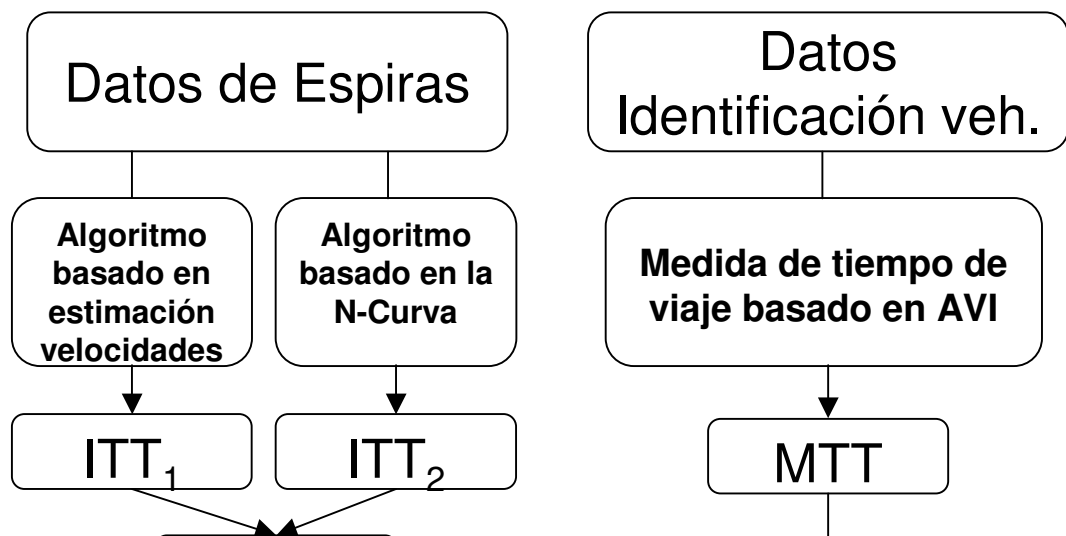
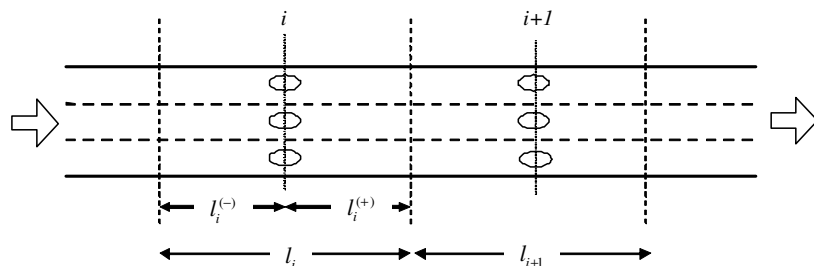
# ¿CÓMO UTILIZAR DE FORMA COHERENTE DATOS DE FUENTES HETOROGÉNEAS?



# DATA FUSION APPROACH (III)

(F. Soriguera, Tesis Doctoral)

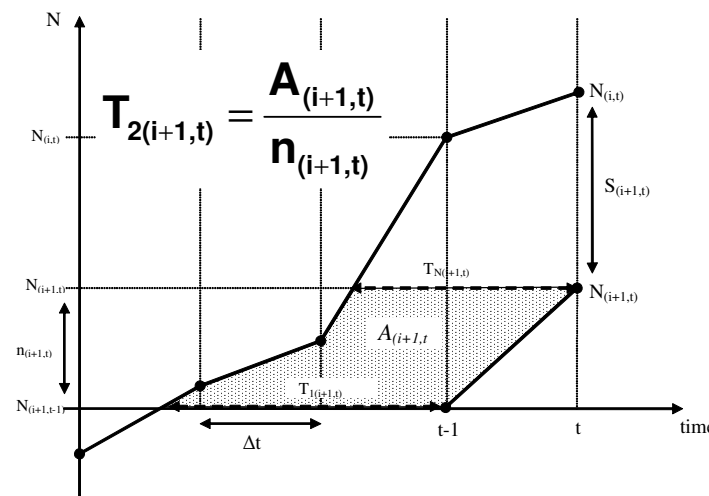
- Medidas de tiempos de recorrido para secciones pueden obtenerse directamente a partir de las medidas de las espiras o indirectamente a partir del diagrama fundamental (q, k, v).



$$T_{1(i,t)}^{\max} = \frac{l_i^{(-)}}{\min(\bar{v}_{(i-1,t)}, \bar{v}_{(i,t)})} + \frac{l_i^{(+)}}{\max(\bar{v}_{(i,t)}, \bar{v}_{(i+1,t)})}$$

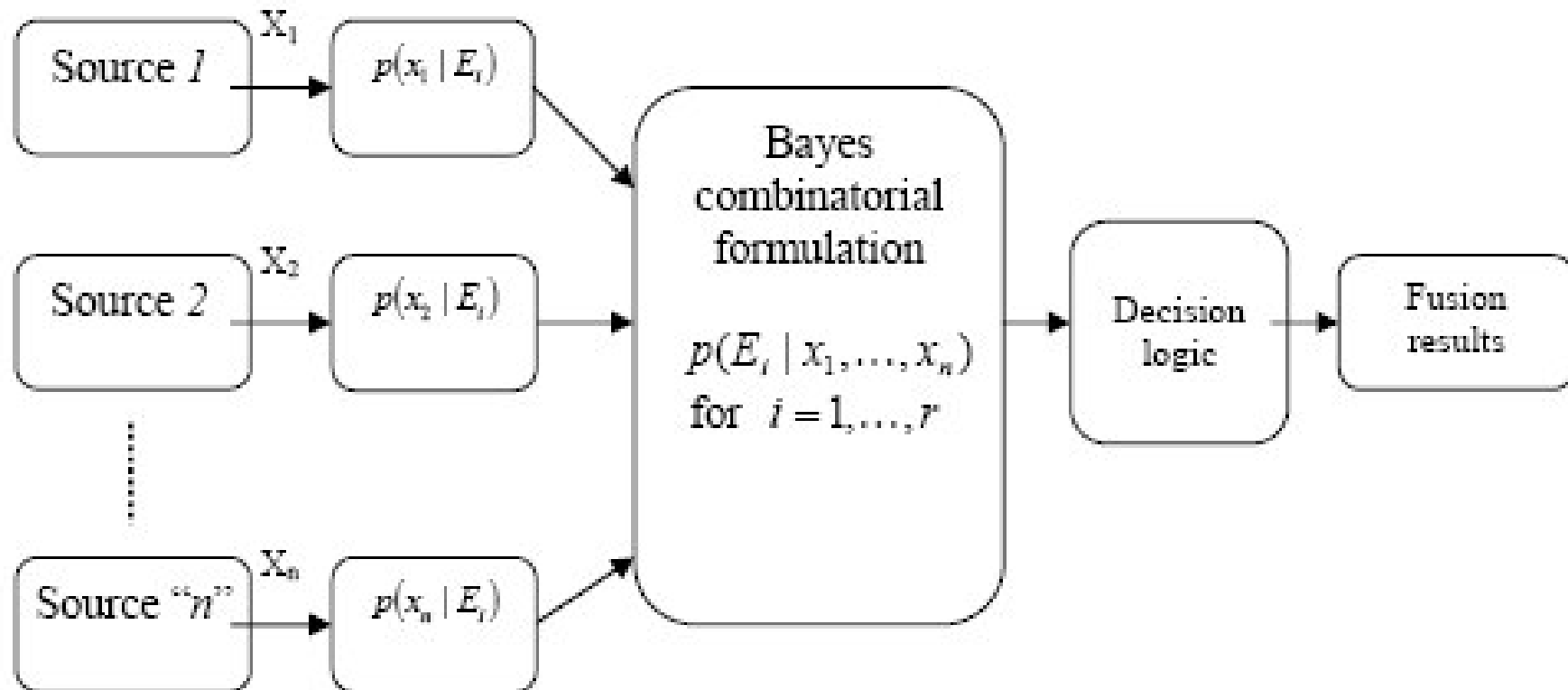
$$T_{1(i,t)}^{\min} = \frac{l_i^{(-)}}{\max(\bar{v}_{(i-1,t)}, \bar{v}_{(i,t)})} + \frac{l_i^{(+)}}{\max(\bar{v}_{(i,t)}, \bar{v}_{(i+1,t)})}$$

$$\bar{v}_{(i,t)}^{\min} = \begin{cases} \bar{v}_{(i,t)} & \text{if } \bar{v}_{(i,t)} \geq 80 \text{ km/h} \\ 0,5 \cdot \bar{v}_{(i,t)} & \text{if } \bar{v}_{(i,t)} < 80 \text{ km/h} \end{cases}$$



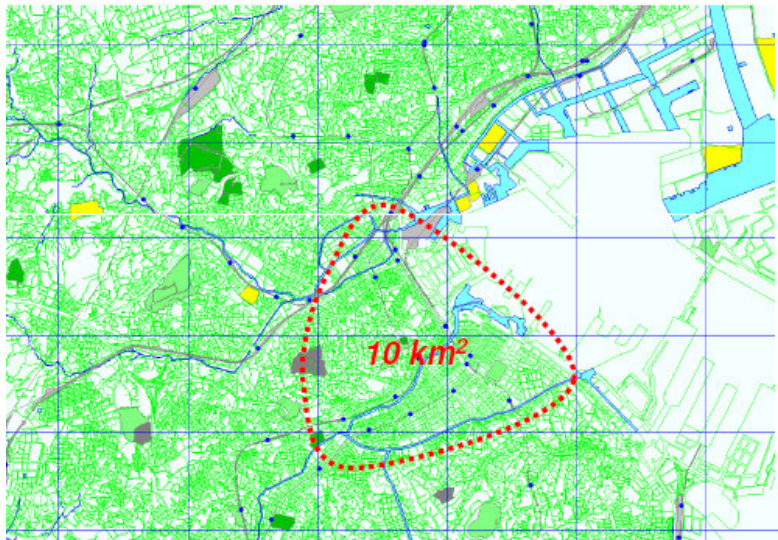
# BAYESIAN DATA FUSION METHOD

F. Soriguera, Tesis Doctoral



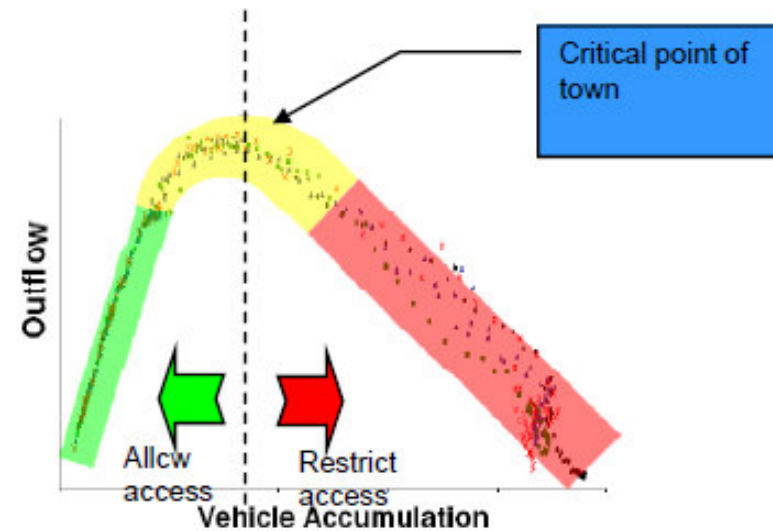
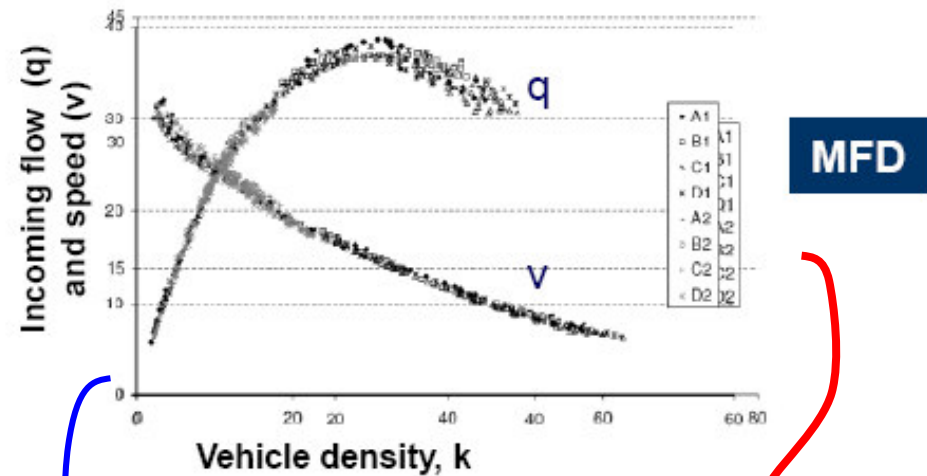
# FUSION PARA ESTIMACIÓN MFD (YOKOHAMA)

Escenario



Medidas disponibles.

- Detectores fijos
  - 500 detectores ultrasónicos: velocidad y ocupación cada 5'
- Detectores móviles
  - 140 taxis (GPS+GPRS)
  - Posición, velocidad, estado



# LA INFORMACIÓN A LOS USUARIOS HA DE SER

- Fiable
- De valor añadido
- Proporcionada en el lugar e instante adecuados

# PREDICCIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDO: Información de valor añadido

Estimaciones del modelo mesoscópico  
Dynameq™(\*) de tráfico del Ensanche de BCN

Origin: 69087  
Destination: 56134



El vehículo entra en la red por A con destino a B en el instante t  
Información de valor añadido:  
• Cuáles son los posibles caminos alternativos de A a B con tiempos de recorrido similares  
• ¿Cuál es el tiempo de recorrido esperado al entrar en el instante t?

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

