

## ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE EN AUTOPISTAS

Francesc Soriguera.<sup>1</sup>, Francesc Robusté<sup>2</sup> y Dulce María Rosas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departament ITT e-mail: francesc.soriguera@upc.edu, <sup>2</sup>Departament ITT e-mail: f.robuste@upc.edu,  
<sup>3</sup>Departament CENIT e-mail: dulce.rosas@upc.edu

**Palabras Clave:** tiempo de viaje, fusión de datos.

**Resumen:** *El tiempo de viaje (TV) para conducir por carretera es la información más apreciada de tráfico. La medición del TV en tiempo real es también un indicador perfecto del nivel de servicio en una carretera, y por lo tanto es una medida útil para los gestores de tráfico para mejorar las operaciones en la red. Entonces, la medición exacta del TV es uno de los factores clave en los sistemas de gestión del tráfico. Por otro lado, el desarrollo de nuevos sistemas de control del tráfico y el creciente interés de los operadores de las carreteras e investigadores en la obtención de mediciones fiables del TV ha llevado al desarrollo de múltiples fuentes de datos de TV y algoritmos de estimación. Esta situación proporciona un contexto perfecto para la aplicación de metodologías de fusión de datos para obtener la máxima precisión de la combinación de los datos disponibles.*

### 1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de moderar la construcción de nuevas infraestructuras debido a las restricciones territoriales, ambientales y económicas, y dada la gran explosión de la movilidad en las últimas décadas en todos los sectores, la gestión del sistema de transporte adquiere un papel fundamental como un optimizador de los recursos disponibles. Esto requiere la aplicación de nuevas políticas dirigidas a lograr dos objetivos principales: la sostenibilidad y la competitividad.

La gestión de la movilidad es el gran problema. Las tecnologías de la información y las comunicaciones son las herramientas. Por lo tanto, es necesario un sistema de gestión que vincule a estos objetivos con las herramientas disponibles. Este sistema de gestión debe basarse en información del tráfico cuantitativo en tiempo real. El tiempo de viaje y su fiabilidad se destacan como principales factores en los sistemas de gestión del tráfico, ya que son los mejores indicadores del nivel de servicio en una carretera, y quizás la variable más importante para medir la congestión. Además, el tiempo de viaje es la mejor información sobre el tráfico y la variable más apreciada por la mayoría de usuarios de las carreteras, ya que desempeña un papel fundamental en el proceso de planificación del viajero (viajes o no viajes, tiempo de viaje, ruta y modo de elección...). Al mismo tiempo, la medición del tiempo de viaje de la carretera y predicción cuantitativa en condiciones de congestionadas presentan un llamativo desafío metodológico.

## 2. METODOLOGÍA

El objetivo principal de este estudio es desarrollar una metodología capaz de proporcionar a un conductor que entra en una carretera información precisa del tiempo de viaje que realizará. Notar que esta información consta de dos componentes: la medición de tiempo de viaje actual y la estimación de la evolución de las condiciones del tráfico durante el tiempo necesario para el viaje. Un requisito adicional de la investigación es que la estimación del tiempo de viaje se debe obtener haciendo el mejor uso posible de las múltiples fuentes de datos disponibles de carreteras. Por lo tanto, el objetivo es agregar valor a los datos de tráfico que está siendo medido.

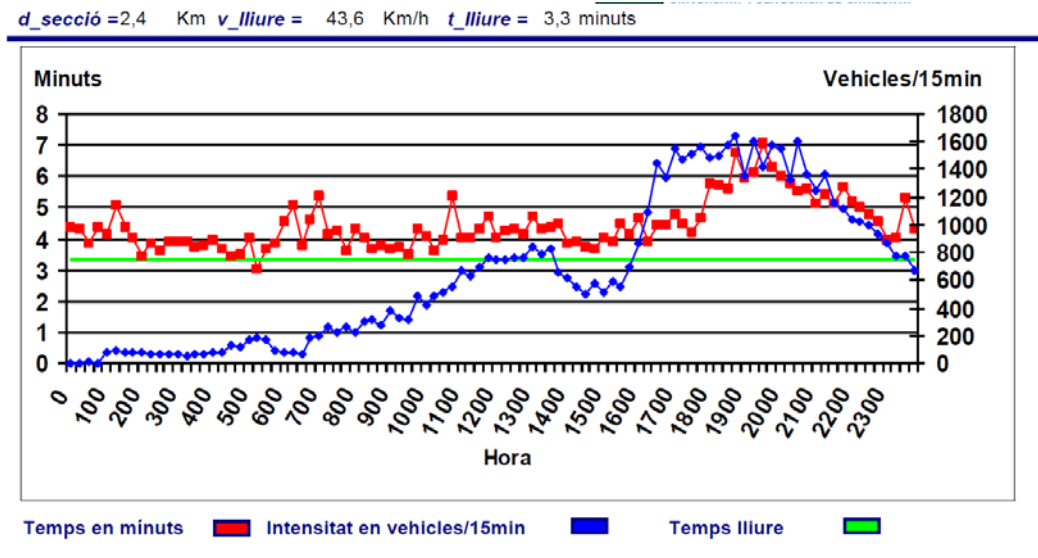
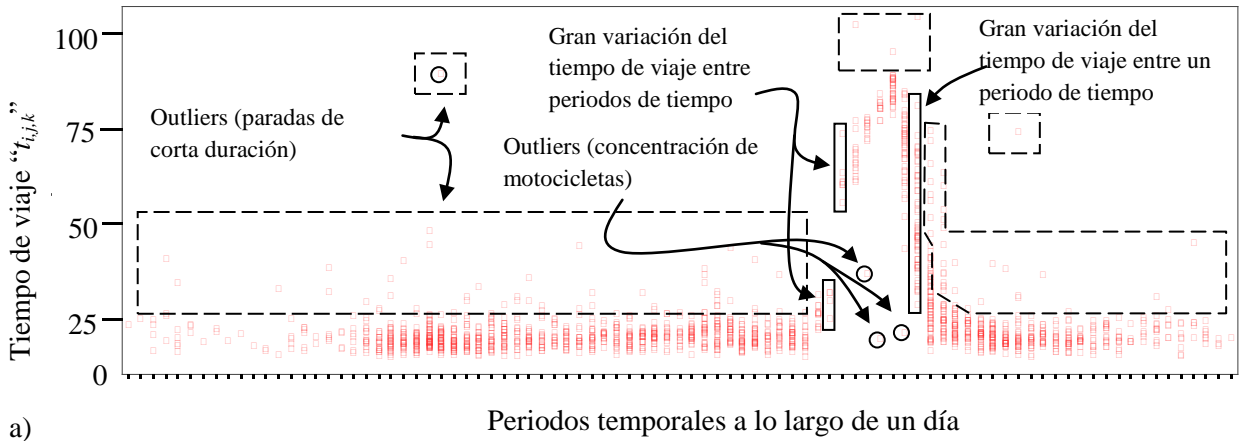
Aparecen dos líneas de investigación al enfrentarnos con la cuestión de la monitorización en tiempo real de la evolución del tráfico. La primera y más intuitiva es saber cuantitativamente lo que ocurre en un tramo de autopista mediante la medición. En la práctica esto no es una tarea fácil. Los equipos de medida son limitados. Además, no se pueden medir la mayoría de las variables importantes. Entonces, la cantidad de mediciones pueden no ser representativas del flujo de tráfico promedio. Ya que su cobertura espacial puede ser limitada. También, las agregaciones temporales necesarias para reducir la cantidad de datos que se transmiten pueden sesgar la medición y puede añadir un poco de retraso a la información. La existencia de valores atípicos añade adicionales complejidad [1]. Y, por último, una cantidad de medidas por lo general pueden estar fuera de orden. La alternativa consiste en el modelado.

En un sistema de peaje cerrado donde las plazas de peaje se encuentran en las rampas de entrada/salida y a cada vehículo se le cobra una tasa específica en función de su origen y destino, los datos del cobro de peaje también se pueden utilizar para medir los tiempos de viaje troncales de la carretera. El método propuesto [2] permite calcular la estimación de tiempos de viaje troncal de secciones individuales de la carretera (se define como una sección al tramo de la carretera entre dos rampas vecinas) usando diferentes itinerarios abarcando diferentes orígenes-destinos. El método proporciona estimaciones de tiempo de viaje sin necesidad de invertir en cualquier tipo de infraestructura o tecnología. Esto supera algunas de las limitaciones de otros métodos, como el retraso de la información y el exceso en la estimación de tiempo de viaje debido a la acumulación de tiempos de salida (es decir, el tiempo requerido para viajar a lo largo del enlace de salida, más el tiempo requerido para pagar la cuota en el número de puerta).

También se presenta un enfoque sencillo para la predicción a corto plazo de tiempos de viaje de la carretera, lo que representa una estimación precisa del tiempo de viaje esperado para un conductor que parte de una ruta en particular. El algoritmo se basa en la fusión de diferentes tipos de datos que provienen de fuentes diferentes (detectores de espira inductivos y datos de peaje), así como también el cálculo de diferentes algoritmos [3]. Aunque el algoritmo de fusión de datos que se presenta se aplica a estas fuentes de datos en particular, fácilmente podría generalizarse a otros tipos de datos equivalentes.

El objetivo del proceso de fusión de datos propuesto es obtener un valor fusionado más fiable y preciso que cualquiera de las estimaciones individuales. La metodología supera algunas de las limitaciones de los algoritmos de estimación del tiempo de viaje basados en fuentes de datos únicas, como la limitada cobertura espacial de los algoritmos basados en puntos fijos de mediciones o la demora la información de mediciones directas de los itinerarios de viaje cuando la difusión de la información a los conductores es en tiempo real.

Los resultados obtenidos en una prueba piloto en la autopista AP-7 de peaje, cerca de Barcelona en España, muestran que la metodología desarrollada es apropiada (Figura 1).



**Figura 1** a) Ejemplo de diferentes tipos de "outliers" para una muestra de tiempos de viajes  
 b) Ejemplo de resultados de tiempo de viaje en la autopista AP-7

### 3. CONCLUSIONES

El método propuesto es capaz de estimar los tiempos de viaje sola sección (es decir, el tiempo requerido para viajar entre dos cruces consecutivos en el tronco principal de la autopista) y también el tiempo de salida en cada cruce (es decir, el tiempo requerido para viajar a lo largo del enlace de salida más el tiempo necesario para pagar la cuota en la caseta de peaje). A partir de la combinación de ambas estimaciones es posible calcular todas las combinaciones necesarias de itinerarios de viaje de viaje, incluso en aquellas secciones con muy pocas observaciones donde la medida directa sería problemática, evitando el retraso de la información en la aplicación en tiempo real.

La precisión en la estimación de tiempo de viaje ayuda al desarrollo de un sistema de detección de incidentes robusto, mediante la comparación de las estimaciones en tiempo real con los tiempos de viaje recurrentes. Dado que el método proporciona información de salida de tiempo, también es posible detectar si el incidente fue en la carretera principal o en la plaza de peaje de la rampa. Esta es una información valiosa para los operadores de las carreteras.

El algoritmo de fusión de datos es un proceso de dos niveles utilizando la lógica difusa y un enfoque probabilístico que se aplica la regla de Bayes. Los tiempos de viaje se encuentran fusionados para ser más confiables que los iniciales y más precisos si el proceso de aprendizaje es cuidadosamente desarrollado.

Los resultados de la prueba piloto que se llevó a cabo en la autopista AP-7 en España indican la idoneidad del método para estimar el tiempo de viaje en el enlace de un sistema de peaje cerrado. También se muestra la adecuación del sistema de fusión de datos para un mejor aprovechamiento de la supervisión de diferentes equipos ya instalados en las carreteras.

Futuras investigaciones son por ejemplo, analizar los efectos de mejorar la exactitud de los datos de origen para fusionar en la estimación final, o la definición de los requisitos en el proceso de aprendizaje para mejorar la fusión probabilística.

### REFERENCIAS

- [1] Soriguera, F. and F. Robusté. (2011-b) Estimation of Traffic Stream Space-Mean Speed from Time Aggregations of Double Loop Detector Data. *Transportation Research Part C* **19**(1), 115-129.
- [2] Soriguera, F., D. Rosas and F. Robusté. (2010) Travel Time Measurement in Closed Toll Highways. *Transportation Research Part B* **44**(10), 1242–1267.
- [3] Soriguera, F. and F. Robusté. (2009) Highway Travel Time Accurate Measurement and Short-Term Prediction Using Multiple Data Sources. *Transportmetrica* iFirst 1-25.