

# Aplicación de técnicas Big Data a la predictibilidad de flujos de tráfico urbano en Ciudades Inteligentes

Fundación COMPUTAEX  
 info@{computaex.es, cenits.es}  
 CénitS – Centro Extremeño de iNvestigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación  
 Cáceres, Extremadura, España

*Resumen*—El tráfico rodado es uno de los principales problemas a los que se enfrenta la mayoría de las ciudades. Las nuevas tecnologías juegan un papel principal a la hora de establecer sistemas de control y seguimiento de los mismos con vistas a facilitar la movilidad y la sostenibilidad. La adecuada gestión del tráfico revierte en un mejor aprovechamiento de las infraestructuras, en una reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera, en un menor consumo de carburante, en una mejor gestión del tiempo y en un incremento en la seguridad de los ciudadanos.

*Índice de Términos*— *gestión de tráfico, smart cities, big data, open data, supercomputación, cloud computing*

## I. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de este proyecto es poner al servicio de las ciudades extremeñas servicios de Cloud Computing y Big Data para una gestión eficaz, eficiente y sostenible del tráfico rodado.

Estudios previos, desarrollados dentro del proyecto CENITAL[1] nos permiten demostrar que es posible ahorrar tiempo, dinero y emisiones de  $CO_2$  si se controlan adecuadamente los flujos de tráfico, los cruces, los semáforos, las rotondas, los aparcamientos y el alumbrado nocturno, por citar sólo los ejemplos más evidentes. En este proyecto cobran especial relevancia: la alta disponibilidad, la seguridad de la información, la capacidad de cómputo, las posibilidades de Big Data y de Open Data. Todo ello conforma un ecosistema software capaz de simular situaciones de emergencia, obras inesperadas y cualquier otra anomalía que pueda producirse en las vías de las ciudades y pueblos extremeños.

Los objetivos que se pretenden alcanzar son:

- Un producto software resultante de un cuidadoso análisis comparado de herramientas existentes y de la modelización del tráfico.
- Un informe técnico que recoge los puntos más conflictivos del tráfico urbano de Cáceres.
- Un producto software operativo sobre las

instalaciones de CénitS que almacena y muestra la información histórica del tráfico de la ciudad de Cáceres y el estudio de viabilidad de extenderlo a todas las ciudades extremeñas.

- Un documento que recoge y divulga los resultados del proyecto.

El proyecto Eco-traffic [2], llevado a cabo en CENITAL, nos permitió constatar algunas realidades que empírica e intuitivamente ya se podían poner de manifiesto. Aunque se obtuvieron resultados muy interesantes, el proyecto tuvo una temporalidad y recursos limitados que no permitieron llevarlo a sus más interesantes aspiraciones.

Por ello, este subproyecto se propone como continuidad al proyecto Eco-traffic, con una visión bastante más ambiciosa que permitiera aplicar los servicios que un centro como CénitS puede aportar a una ciudad inteligente, de forma que, mediante servicios Cloud y equipos seguros con alta disponibilidad, se puedan aplicar técnicas Big Data a grandes volúmenes de información histórica relativa al tráfico que circula por nuestras ciudades.

Estos servicios se pueden utilizar para la mejor gestión del tráfico y para ofrecer datos abiertos a quienes pudieran estar interesados en ellos. Este subproyecto se enmarca, principalmente, en el área de excelencia TIC, aunque, colateralmente, encaja también en las áreas de Energía y Salud.

La siguiente sección del trabajo muestra el desarrollo de las diferentes herramientas realizadas para el proyecto de manera que sirvan para obtener los datos relacionados con el tráfico de cualquier ciudad, así como disponer de herramientas para poner los datos a disposición de los usuarios. La sección III muestra un ejemplo aplicado a la ciudad de Cáceres, donde se analiza una de las vías de mayor tráfico de la ciudad y cómo se pueden aplicar las herramientas desarrolladas para evaluar los diferentes cambios que se pueden realizar. Por último, la sección IV muestra las conclusiones del trabajo realizado así como las posibles contribuciones futuras que se podrían obtener a través de la continuación de este trabajo.

## II. DESARROLLO

El desarrollo sostenible es normalmente definido como el que solventa las necesidades del presente sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. En este desarrollo sostenible, uno de los pilares es el transporte sostenible o, usando el término análogo, movilidad sostenible. Esto es, la capacidad de satisfacer el transporte actual y la movilidad requerida sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de futuras generaciones.

En el proyecto Eco-Trafic ya se desplegó una plataforma para el estudio del tráfico y poder validar diferentes escenarios en las ciudades. Como limitación, se encontró que el modelado de los escenarios a simular era demasiado complejo, así como la imposibilidad de publicación de los resultados obtenidos en las pruebas. Es por esto que se hace necesario, el desarrollo de ciertas herramientas que faciliten la selección de las regiones a evaluar y la publicación de los datos una vez tratados con el simulador que se usó en el proyecto anterior.

### A. Desarrollo de un conversor de mapas para su uso con el simulador

Como se ha explicado anteriormente, tras el despliegue de una herramienta para el estudio de los flujos de tráfico en la ciudad, se hace necesario tener la posibilidad de utilizar la cartografía de alguno de los sistemas abiertos de mapas con el simulador City Traffic Simulator [3]. Para ello, se buscaron algunas herramientas que permitieran el volcado automático de esos datos sin mucho éxito.

Los mapas que más independencia proporcionaban, por ser libres principalmente, eran los mapas de OpenStreet Map [4], en formato *OSM*, pero al no existir herramientas de integración entre los mapas y el simulador, la única solución que se encontró fue desarrollar una aplicación ad-hoc que nos sirviese de conversor o de interfaz entre ambos.

Para solventar la problemática anterior, se ha desarrollado una herramienta en *Ruby* [5] que transforma el formato *OSM* en un fichero ejecutable en City Traffic Simulator. El código carga el mapa obtenido en *OSM*, éste se analiza y se procesa a través del add-on de *Ruby* llamado *Nokogiri*. Así mismo, se crea la estructura del fichero de opciones de City Traffic Simulator.

Una vez creada la estructura en *XML*, se debe rellenar la información. Para ello, se describe el origen de las coordenadas del mapa y se definen principalmente los nodos que conformarán las líneas de la carretera gracias a los datos de *OSM*. Adicionalmente, se necesita un código hash para identificar el nodo, además de definir la posición en el mapa y describir si ese punto tiene señalización o únicamente es un

punto de interconexión. Una vez se han definido todos los puntos en el mapa, se deben interconectar los nodos para crear los caminos en el mapa, definiéndose las conexiones de nodos. Con la información anterior se crea la estructura básica del fichero de configuración. Una vez definido, se puede cargar en el simulador para terminar de configurar la información de señalización de los semáforos y de los flujos de tráfico.

### B. Desarrollo de plataforma OpenData

Para este proyecto se ha desarrollado una plataforma OpenData que permite la publicación de los datos obtenidos a través del software de modelado de tráfico. Para ello se ha usado la herramienta Google Maps, que permite disponer de todos los datos en tiempo real.

La figura 1 muestra la interfaz principal de la aplicación web, de difusión de la información, para el proyecto de predictibilidad del tráfico. La aplicación web está dividida en dos partes. En la parte superior, resaltada de morado en la figura, muestra las herramientas de selección de la información. Para ello se puede realizar una búsqueda por horas de simulación, por ejemplo, entre las 8 y las 21 horas.

Así mismo, se puede elegir el tipo de comportamiento del tráfico, de manera que se puede realizar la comprobación del comportamiento del flujo de tráfico teniendo en cuenta el funcionamiento normal de todos y cada uno de los semáforos del recorrido, priorizando el tráfico desde el punto marcado como A en la figura hasta el punto B, o en el sentido contrario. La parte inferior, muestra el mapa con la información extraída de las simulaciones. Para ello se han introducido cuatro puntos de interés en el mapa identificando cada una de las rutas analizadas.

Para cada una de estas rutas se tiene en cuenta la siguiente información obtenida de la simulación:

- Número de vehículos simulados por segundo.
- Distancia recorrida por un vehículo.
- Tiempo para realizar el recorrido.
- Velocidad media de los vehículos.
- Número de paradas medias realizadas.

Para la generación de las rutas se han utilizado mapas en formato *GPX*. Estos mapas basados en esquemas *XML* están declarados en formato abierto.

El fichero *GPX* se divide en dos partes bien diferenciadas. Por un lado, los *Waypoints*, o puntos de interés, que serán en este caso los puntos donde se muestre la información de cada una de las rutas. El segundo elemento importante de este fichero son los *Tracks*, o puntos en el mapa, que permiten dibujar la ruta en el mapa de Google Maps.

## Proyecto Cenital 2: Predictibilidad del tráfico - Plataforma OPENDATA

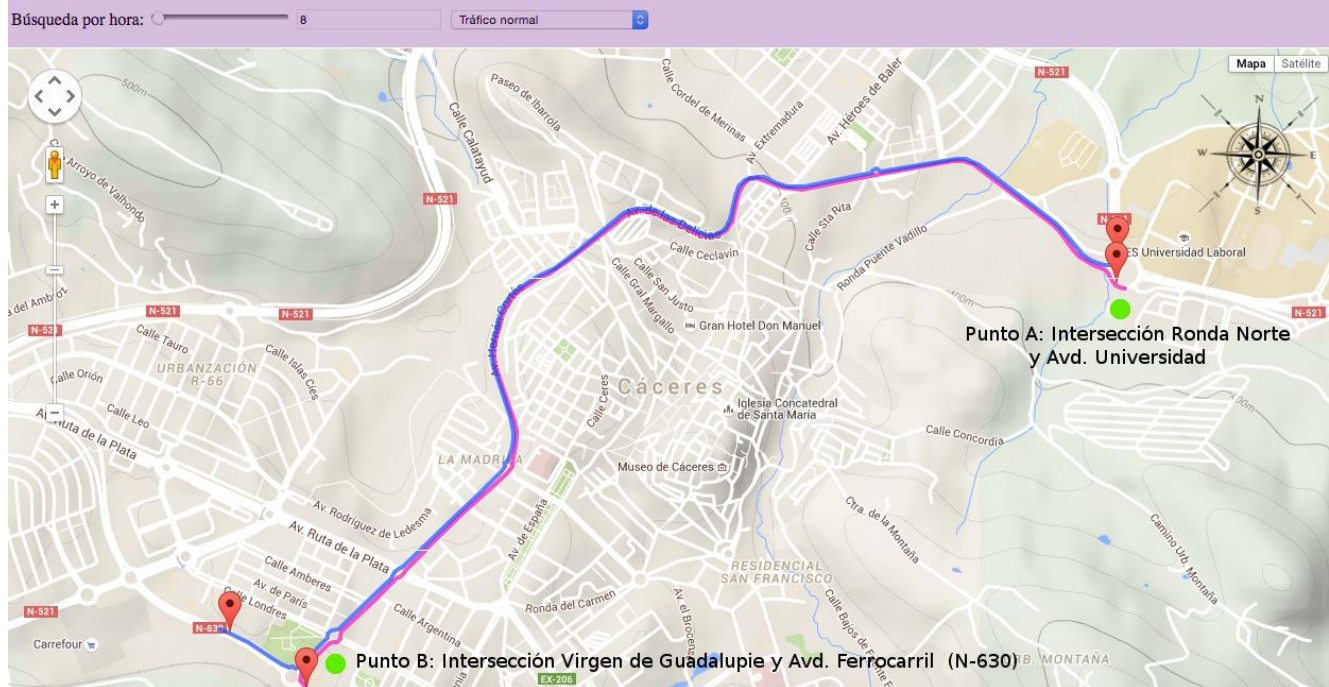


Figura 1: Aplicación de Open Data para distribución de los datos

Para rellenar la información a mostrar en los puntos de interés se necesitan otros ficheros que almacenen la información obtenida en la simulación. Para ello se ha desarrollado un fichero, basado también en *XML*, que permitirá la carga de manera simple de los datos en los mapas.

Este fichero ha sido obtenido a través de la transformación de los resultados obtenidos de la simulación, que son almacenados en una hoja de cálculo a un formato *json* intermedio para su posterior tratamiento. En la última fase, este formato se convierte a *XML*.

A través de estos datos en formatos estándares, se ha desarrollado una página web para publicar la información mediante la interfaz de Google Maps. La página en la carga, ejecuta un script que será el centro del software desarrollado. Este script será el encargado de leer la información de los ficheros *GPX* y *XML* e integrar todos los datos en el mapa de Google Maps.

Para cargar en la página web la información almacenada en el fichero *XML* se utiliza *Ajax* (Asynchronous JavaScript And *XML*). A través de esta API se puede gestionar la información almacenada en *XML* de manera rápida con lo que no se ralentiza la navegación al usuario.

La elección del fichero que se debe leer, se realiza a través de un *ComboBox* incluido en el código *HTML* que permite la

elección del tipo de comportamiento del tráfico entre: Tráfico normal, Priorización tráfico de subida y Priorización tráfico de bajada.

El siguiente paso es buscar todos los puntos *trkpt* del fichero *GPX*, de manera que se obtenga la latitud y la longitud del punto a dibujar. El script busca adicionalmente todos los puntos de interés del mapa *wpt*. Cada uno de estos puntos de interés debe mostrar más información que la que contiene el archivo *GPX*, por lo que se complementa esa información con la extraída del fichero *XML* que contiene los datos arrojados por el simulador.

### III. RESULTADOS

Para realizar un testeo de las herramientas desarrolladas, se ha tomado como referencia una de las calles más transitadas de Cáceres como ya se ha descrito en la sección anterior. Además, se ha tenido que tratar la sincronización de los semáforos de manera unitaria debido a que no se recoge el ciclo de cada uno de ellos en ningún documento público.

Así mismo, los resultados obtenidos en el estudio son orientativos debido a la información con la que se ha podido realizar el estudio. Gracias a las herramientas desarrolladas y al simulador usado, se pueden probar que ciertos mecanismos de optimización de los semáforos pueden mejorar y favorecer el tráfico de una gran ciudad. En este caso, partiendo del escenario base que se ha tomado en este trabajo, sin tener en

cuenta ningún otro agente externo ni la influencia del tráfico del resto de la ciudad se exponen los resultados al sincronizar y reducir los tiempos de los ciclos rojo y verde de alguno de los sentidos estudiados.

De manera que para cada una de las alternativas, se ha procedido a realizar la simulación de tráfico de un intervalo entre las 8 a las 21 horas, utilizando los datos volumétricos obtenidos a partir de la información referente a los estudios de movilidad de la ciudad de Cáceres [6].

El estudio para analizar las herramientas se ha realizado entre el punto A, que comprende la intersección de la ronda norte de Cáceres y la Avenida de la Universidad, y el punto B, que está definido en la intersección entre Avenida Virgen de Guadalupe y Avenida del Ferrocarril (N-630), mostrados en la figura 1. Se define, por tanto, dos escenarios de mejora, uno priorizando los semáforos entre A y B sentido A y el otro priorizando los semáforos en sentido B.

Para comprobar la efectividad de las herramientas se han realizado diferentes optimizaciones (una en cada sentido del tráfico). Estas optimizaciones están basadas en un mecanismo de priorización en el que se modifican los ciclos de rojo-verde de uno de los sentidos, tanto en el tráfico de bajada como en el de subida.

En este trabajo se presentan los tiempos medios por trayecto, entendiendo como tiempo medio, el tiempo que tarda un vehículo en realizar el trayecto estudiado en uno de los sentidos. Por tanto, se realizaron tres escenarios, el primero sin realizar ningún tipo de optimización, el segundo optimizando el tráfico entre el punto A y el punto B, sentido B y el segundo en sentido contrario. Para un estudio más detallado con un mayor número de parámetros, se puede consultar en [2].

La figura 2 muestra el tiempo medio por trayecto en el escenario original, tal y como se encuentra actualmente el tráfico organizado.

La primera optimización se ha realizado en el tráfico con origen A y destino B sentido B. La figura 3 muestra los tiempos medios por trayecto.

Si se comparan éstos últimos con los tiempos medios descritos en la figura 2, se puede observar que el tráfico entre A y B con optimización en el sentido B, mejora en un 25% aproximadamente. Este porcentaje se incrementa en las horas de mayor confluencia de tráfico, llegando a una mejora de más del 35% en el tiempo de trayecto en las horas punta de las 14 y las 18h. Por contra, la optimización implica que al priorizar el tráfico del sentido B con respecto al contrario, los tiempos medios son un 3% peores de media con respecto al escenario inicial, siendo especialmente alto el tiempo en el tramo de las 14h cuando empeora en un 22% sobre el tiempo medio que se

tiene actualmente.

Comparando el caso base con la priorización del tráfico en sentido A, descrito en la figura 4, se puede observar que el tiempo medio por vehículo mejora en un 17% aproximadamente el tiempo medio de trayecto. Este porcentaje decreta en las horas de mayor confluencia de tráfico obteniendo a una mejora del 10% aproximadamente en el periodo de hora punta, tanto de las 14 como de las 18h. Por contra, esta optimización hace que al priorizar el tráfico entre A y B sentido A, los tiempos medios son similares a los experimentados en el escenario sin priorización, con lo que se puede decir que no afecta al flujo de bajada sobre el de subida.

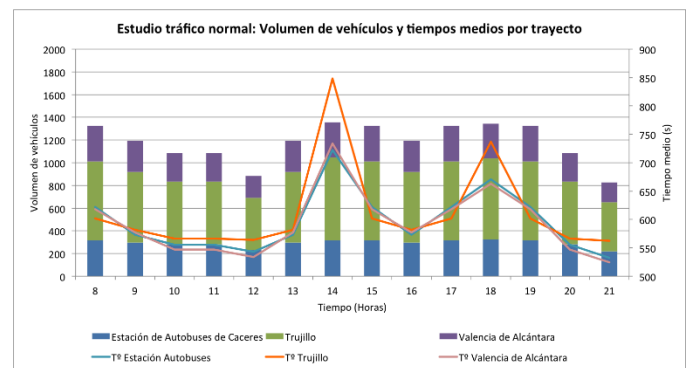


Figura 2: Volumen de vehículos y tiempos medios por trayecto - Caso base.

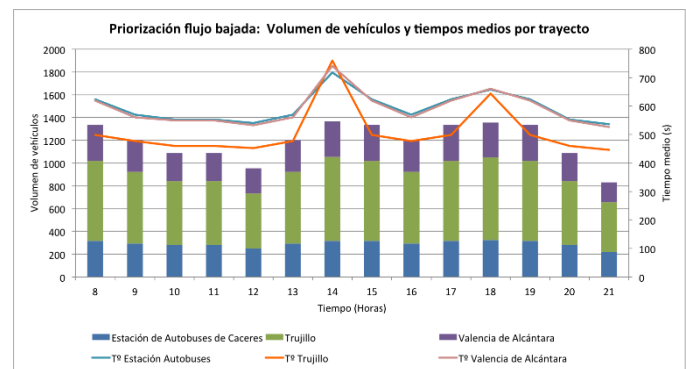


Figura 3: Volumen de vehículos y tiempos medios por trayecto con priorización del tráfico de bajada

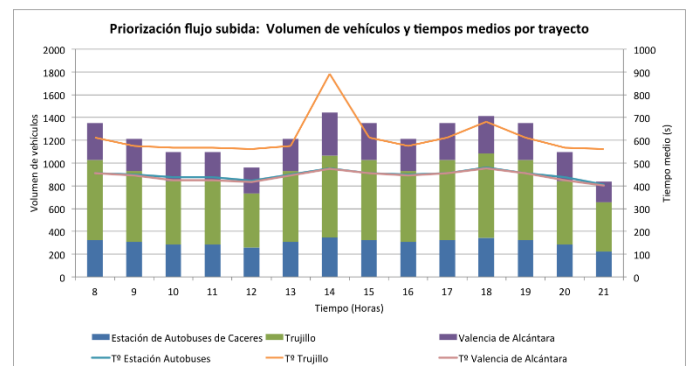


Figura 4: Volumen de vehículos y tiempos medios por trayecto con priorización del tráfico de subida

#### IV. CONCLUSIONES

La gestión inteligente de los flujos de tráfico permite no sólo influir en el comportamiento de una ciudad, sino en la calidad de vida de los usuarios y, también, en la implicación de la ciudad con el medio ambiente.

Como resultado más destacable de este trabajo, cabe mencionar el desarrollo de un conjunto de herramientas que sirven de apoyo al simulador de tráfico y permiten una fácil adaptación de cualquier ciudad para ser simulada. Así mismo, se han desarrollado herramientas que ayudan a la publicación de las rutas y a que los datos obtenidos en las simulaciones sean accesibles a cualquier ciudadano, y se pueda consultar la información sobre cada una de las rutas.

La comparativa realizada, sobre el simulador y los datos expuestos en este trabajo arroja datos de mejora importantes, sobre todo en el número de paradas y fluidez del tráfico, cuando se utilizan mecanismos para sincronizar y mejorar la regulación de los semáforos.

Esos valores de mejora suponen más de un 30% de reducción en el número de paradas o de mejora en la velocidad y tiempo de trayecto, lo que hace que el tráfico sea todavía más fluido y se mejore la calidad del viaje de los usuarios.

Como trabajo futuro se deben desarrollar herramientas, no sólo basadas en informes técnicos para la obtención de los datos del volumen de tráfico, sino en medidas reales obtenidas mediante el uso de dispositivos sensibles que puedan ser instalados en la ciudad para la toma de datos en tiempo real.

Hay limitaciones que deben ser estudiadas en profundidad por las implicaciones que pueden derivarse de las calles adyacentes, y del tráfico en general, debido a los ajustes y a la priorización de una parte del tráfico de la ciudad. Para ello se deben simular porciones más grandes de la misma con flujos de tráfico real tomados en diferentes circunstancias y días.

#### REFERENCIAS

- [1] Proyecto CENITAL - Fundación COMPUTAEX, 2014. <http://www.cenits.es/proyectos/cenital>. Último acceso: 31-12-2014.
- [2] Proyecto Eco-Trafic - Fundación COMPUTAEX, 2014. <http://www.cenits.es/enlaces/publicaciones/eco-traffic-modelado-traffic-smart-eco-region>. Último acceso: 31-12-2014.
- [3] City Traffic Simulator - Christian Schulte zu Berge. <http://www.cszb.net/index.php?xid=12>. Último acceso: 31-12-2014.
- [4] Open Street Map <http://www.openstreetmap.org>. Último acceso: 31-12-2014.
- [5] Ruby <https://www.ruby-lang.org/es/>
- [6] Plan de infraestructuras para la movilidad urbana sostenible- Ayuntamiento de Cáceres. <http://www.ayto-caceres.es/files/DOCUMENTO%20DIAGNOSTICO%20v2.pdf>. Último acceso: 31-12-2014.