

Rutómetro Multimodal sobre los Servicios de una IDE

Miguel Usón¹, Juan López-de-Larrínzar-Galdámez², María J. Pérez-Pérez¹, Pedro Rodrigo-Cardiel¹, Rodolfo Rioja¹, Javier Eced-Cerdán², Francisco J. Lopez-Pellicer²

¹GeoSpatiumLab, S.L.

{muson, mjperez, prodrig, rodolfo}@geoslab.com

²Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas. Universidad Zaragoza

{juanlg, javierec, fjlopez}@unizar.es

Resumen

El cálculo de rutas en el entorno urbano no puede basarse en la utilización de un único medio de transporte. Cada día más, la ciudadanía está sensibilizada con la sostenibilidad del transporte y es necesario dar herramientas que faciliten el uso de los medios de transporte públicos. Este artículo presenta el diseño y el despliegue de una aplicación web para el cálculo de rutas multimodal, incidiendo especialmente en el uso del transporte público.

Palabras clave: Rutómetro multimodal, transporte, Ayuntamiento de Zaragoza, rutas

1 Introducción

Los servicios de enrutamiento son probablemente la aplicación más importante que se le puede dar a la información de vías de una ciudad. El cálculo de rutas le ofrece al usuario un camino desde el origen hasta el destino optimizado de acuerdo a algún criterio (distancia, tiempo, ...) y le permite conocer de antemano todos los tramos del recorrido que debe seguir hasta su ubicación objetivo.

De cualquier manera, los servicios de enrutamiento tradicionales manejan un único medio de transporte (habitualmente el coche) y no pasan de ofrecer un camino entre dos puntos. Actualmente se están desarrollando servicios de cálculo de rutas multimodales, esto es, con posibilidad de combinar distintos medios de transporte para llegar del punto origen al punto destino.

A lo largo de las siguientes secciones se va a presentar el producto *rutómetro multimodal* desarrollado por GeoSpatiumLab y la Universidad de Zaragoza, los conceptos que utiliza en su funcionamiento y cómo se ha puesto en marcha con éxito en el entorno tecnológico del Ayuntamiento de Zaragoza.

2 Arquitectura del sistema

Visto desde un bajo nivel de detalle la aplicación del rutómetro multimodal consta de los elementos que se muestran en la Figura 1.

El **cliente de visualización** será el elemento principal de la interfaz de usuario de la aplicación. Sobre él se mostrará la cartografía base del municipio (lugar geográfico en general) en el que se estén calculando las rutas, y sobre esa cartografía, como una capa superior, se visualizará la ruta resultado a la consulta del usuario.

Una de las características principales del cliente de visualización es su interoperabilidad. Por un lado es capaz de integrar uno de los servicios para acceso a mapas más populares, como es *GoogleMaps*¹. Por otro lado, soporta el acceso a cualquier servicio web de mapas que cumpla con el estándar definido por la OGC (WMS)[1], así como al estándar para servicios de mapas teselados más extendido: el WMS-C² de Osgeo.

Su funcionalidad es la habitual de un visor de mapas con alguna característica añadida debido al entorno del problema. Estas variaciones serían:

- **Impresión.** En este punto cobra mucha importancia la temática del problema. El cálculo de rutas se hace prácticamente inútil si no va acompañado de una buena presentación. Al tratarse de una aplicación web

¹ <http://code.google.com/intl/es/apis/maps/documentation/javascript/>

² http://wiki.osgeo.org/wiki/Tile_Map_Service_Specification

es necesario que esa presentación pueda imprimirse para que el usuario la pueda consultar en el momento que recorra el camino correspondiente

- **Información sobre la ruta.** Los maptips son especialmente importantes en la presentación de una ruta multimodal. Aparte de los cambios estéticos, una buena política de uso de maptips ayudará al usuario a reconocer el medio de transporte en el que se encuentra, dónde debe tomarlo, y dónde debe dejarlo.
- **Información de interés sobre el plano.** Incluir algunos puntos de temas concretos (principalmente relacionados con el transporte, aunque también el turismo y el ocio podrían ser temas relevantes) enriquece la experiencia del usuario durante la creación de su ruta, pues le facilitará la orientación y le indicará posibles destinos para nuevas rutas.

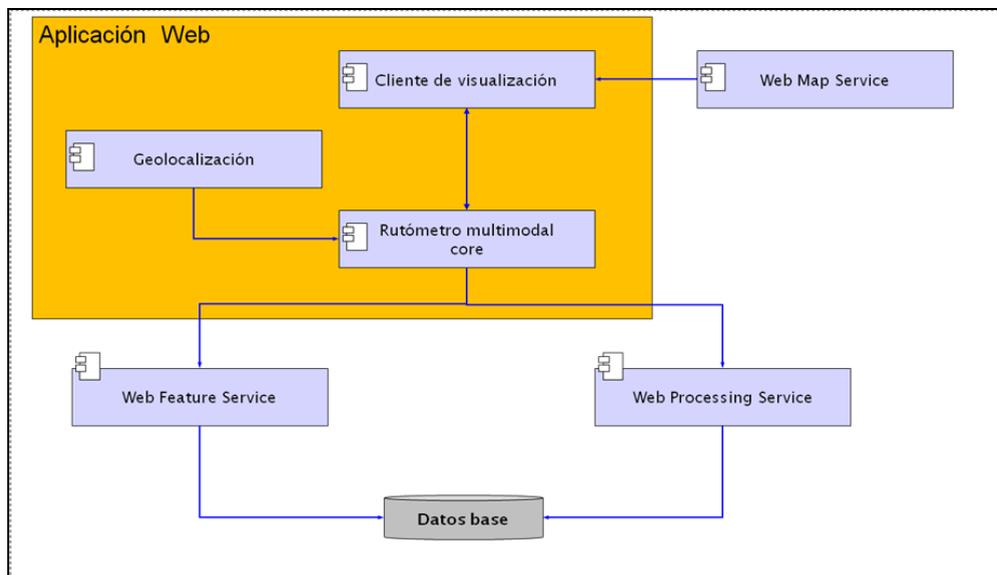


Figura 1. Arquitectura general del rutómetro multimodal

El componente de **geolocalización**[2] deberá abordar el trabajo con los datos del área geográfica que corresponda al despliegue que se está efectuando del rutómetro. Esto lo hace específico para cada lugar donde se instale, de modo que trabajará únicamente con la información que pertenezca a dicho entorno.

El trabajo de este componente es, dada una dirección, devolver una lista ordenada con las ubicaciones a las que se podía referir el usuario. Cada uno de los elementos de esa lista tiene un par de coordenadas asociado que serán utilizados por el rutómetro cuando el usuario lo seleccione.

Lo que se ha denominado **rutómetro multimodal core** es la parte del servidor encargada de comunicarse con el cliente, atendiendo sus peticiones y redirigiendo el trabajo hacia el resto de componentes según corresponda.

El **servicio de mapas** (*web map service*) es un elemento ajeno al cálculo de rutas en sí, pero imprescindible en cualquier aplicación de tipo rutómetro. Lo ideal es que este servicio de mapas sea específico del área geográfica donde va a trabajar el rutómetro y ofrezca un nivel de detalle lo suficientemente bueno como para que pueda visualizarse sin lugar a la duda las vías por las que discurre la ruta calculada.

En el esquema de la Figura 1 el servicio de mapas se ha especificado como un WMS. Es muy recomendable que se trabaje con la especificación de OGC por ser la más extendida y la más comúnmente soportada por los visualizadores. Esto hará que el trabajo que requiera el cliente de visualización al implantar el rutómetro en otro entorno sea únicamente de configuración y nunca de reimplementación para aceptar otro tipo de servicios. Como es evidente el hecho de construir un rutómetro multimodal sobre los servicios de una IDE tiene como objetivos, entre otros, que el coste de reaprovechamiento sea mínimo y que el número de servicios estándar utilizados sea el máximo posible.

El **servicio de objetos geográficos** (el *web feature service* [3]) es el componente del sistema encargado de atender las peticiones y las consultas que se hagan sobre los elementos de la base de datos (líneas de autobús, puntos de interés, etc.).

Por último se presenta en la arquitectura general el componente de *web processing service*[4]. Este componente es el más relevante para el ámbito del problema. Su función consiste en calcular la ruta óptima entre dos puntos de acuerdo a ciertos criterios. Para hacerlo recibe los datos que restringen la búsqueda y aplica el algoritmo de búsqueda de rutas adaptado para el entorno multimodal.

Para desarrollar su tarea, el componente de cálculo de rutas (WPS) se apoya en las herramientas que se muestran en la Figura 2. Aunque la importancia no es la misma para todas ellas, en el momento que una faltase el funcionamiento de nuestro sistema de cálculo de rutas dejaría de ser el adecuado.

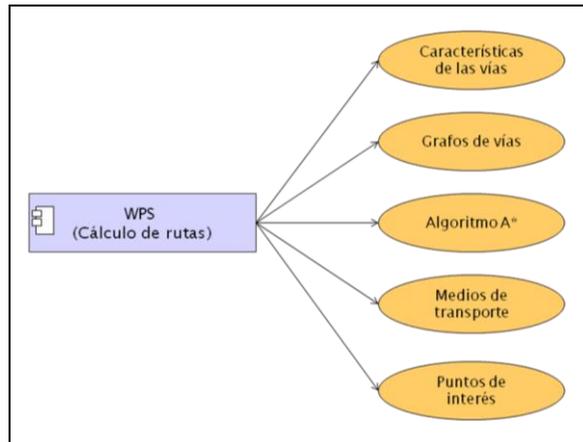


Figura 2. Entorno de trabajo para el cálculo de rutas

A continuación se explica cada una de las cinco herramientas sobre las que se apoya el cálculo de rutas diseñado:

- **Características de las vías.** Aspectos como la velocidad máxima permitida a los vehículos y el tipo de circulación permitida (calles peatonales, vías ciclistas, etc.) son factores muy importantes a la hora de calcular las rutas.
- **Grafos de vías.** Las características aisladas de una vía no sirven de nada si no se dispone de sus interconexiones con otras vías. En el trabajo con rutas es imprescindible disponer de un mallado del que poder extraer nodos y arcos que a su vez servirán de soporte para los cálculos de distancia, tiempo, etc. En definitiva, el cálculo de rutas se plantea siguiendo la idea general del trabajo con grafos: un mapa se interpreta como un grafo donde la intersección de dos o más vías es un nodo y un tramo de vía es un arco. En la Figura 3 se muestra cómo se transforman las vías de una ciudad a un grafo. En la parte derecha se representan con puntos amarillos los nodos, mientras que los arcos son las líneas rojas. Se puede observar que el trabajo que se lleva a cabo es fundamentalmente reconocer la intersección de varias vías o el final de un camino para colocar los nodos y definir los arcos como los tramos de vía que van de un nodo a otro. Otra parte del trabajo consiste en definir los sentidos de las vías de las ciudades. Es evidente que cuando un usuario quiere seguir una ruta con su vehículo la respuesta que obtenga debe considerar si una calle es de sentido único o no. Esto convierte nuestro grafo en un grafo dirigido para los vehículos, donde la existencia de una conexión del nodo A al nodo B no implica que exista una conexión del nodo B al nodo A. Gran parte de la información de base para obtener estos grafos

se consigue de la iniciativa *Open Street Map*.³ Sobre la información que ofrece *Open Street Map* se aplican unos procesos de transformación y tratamiento para conseguir el grafo que definitivamente se utilizará en nuestro sistema.

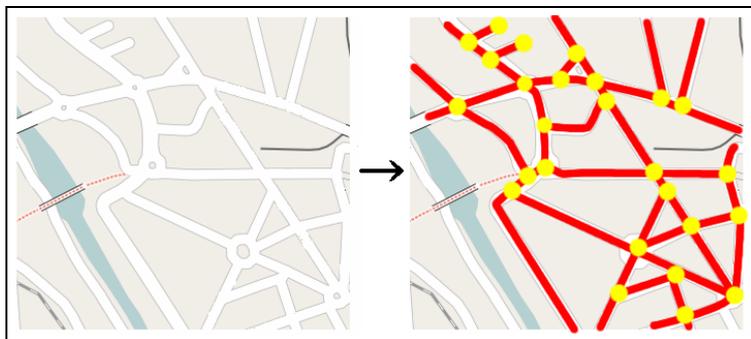


Figura 3. El grafo de una ciudad

- **Algoritmo A***. El algoritmo A*⁴ se utiliza para resolver los problemas típicos del trabajo con grafos. Sirve para descubrir el camino más corto entre dos puntos de un grafo ponderado y es el núcleo del procesamiento del sistema. Para el trabajo con rutas multimodales como el llevado a cabo en este sistema, es necesario modificar su comportamiento para que permita realizar distintos cálculos según sea el medio de transporte que se esté evaluando. De este modo se consigue que el algoritmo contemple todas las opciones antes de tomar una decisión en un nodo.
- **Medios de transporte**. Al tratarse de un rutómetro multimodal es necesario conocer con qué medios de transporte se cuenta en el cálculo de un recorrido concreto. Un usuario tiene que poder decidir qué transportes (de entre aquellos contemplados en el sistema) quiere utilizar y cuáles no.
- **Puntos de interés**. Durante el cálculo de una ruta entre un origen y un destino, un punto de interés no es únicamente un elemento turístico que pueda alterar el resultado porque el usuario quiera hacer uso de su tiempo libre maximizando los lugares de interés visitados. Un punto de interés en el momento de procesamiento puede ser una afección en la vía (obras, cortes, eventos), un aparcamiento público, una parada de autobús o un punto de

³ <http://www.openstreetmap.es/>

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_búsqueda_A*

alquiler de bicicletas. Todos estos puntos pueden alterar el cálculo de la ruta permitiendo que el recorrido ofrecido al usuario tenga una calidad notable.

3 Rutómetro multimodal en el Ayuntamiento de Zaragoza

El trabajo desarrollado junto al equipo del servicio web del Ayuntamiento de Zaragoza en la iniciativa IDEZar[5] (Infraestructura de Datos Espaciales de Zaragoza) ha permitido que hoy en día se ofrezcan múltiples y variadas funcionalidades y datos a través de esta infraestructura.

La iniciativa IDEZar nace en el año 2004 con el objetivo de implantar una Infraestructura de Datos Espaciales a nivel local, y a lo largo de estos años ha crecido significativamente tanto en contenido como, especialmente, en servicios. Dichos servicios son los principales encargados de permitir una evolución en el ámbito de publicación y difusión de la información, siguiendo estándares y normas internacionales para las interfaces de servicios web.

El rutómetro multimodal descrito a lo largo de este artículo se ha apoyado en IDEZar para su implantación en la web del Ayuntamiento de Zaragoza⁵, una de las webs de administraciones públicas más premiada y elogiada. La aplicación dispone de información de calidad en lo concerniente a la cartografía zaragozana ya que hace uso de servicios y datos de la infraestructura como el callejero, las afecciones de tráfico o las paradas de taxis. Estos datos se encuentran, además, publicados dentro de la iniciativa de datos abiertos⁶ del consistorio zaragozano.

En cuanto a su funcionalidad, la solución desplegada en la web del Ayuntamiento de Zaragoza consiste en una aplicación web capaz de calcular rutas entre dos puntos del municipio de Zaragoza contemplando los medios de transporte público más demandados: los autobuses urbanos y el tranvía. De este modo se ha enfocado el trabajo hacia un desplazamiento urbano sostenible, haciendo hincapié en la utilización de transportes públicos para disminuir el gasto global y la contaminación originada por los vehículos privados.

Por otro lado, debido a la relativamente reciente implantación del tranvía en la ciudad, esta aplicación cumple también con la función meramente informativa para

⁵ <http://www.zaragoza.es/>

⁶ <http://www.zaragoza.es/ciudad/risp/>

aquella gente que no necesita tanto una ruta para desplazarse como un lugar donde conocer la reestructuración de los transportes públicos de Zaragoza. Es por esta doble tarea que se quiere llevar a cabo por la que la aplicación está orientada no sólo al cálculo de rutas sino también a la presentación de información de consulta que permita a los ciudadanos mantener la rutina y asimilar la existencia del tranvía y unos nuevos recorridos de bus.

3.1 Cálculo de rutas

El cálculo de rutas de la aplicación desplegada en la web del Ayuntamiento de Zaragoza sigue las directrices del diseño explicado en el punto 2, adaptando los componentes a los detalles particulares del trabajo. Por ejemplo, el geocoder ha sido configurado para acceder al servicio de callejero de IDEZar, de manera que se accede a la información actualizada de vías y portales del municipio de Zaragoza facilitando al usuario final la utilización de las cajas *Origen* y *Destino*.

En la Figura 4 se muestra cómo el geocoder resuelve la petición del usuario con tanto detalle como le es posible (ofreciendo el portal concreto si lo conoce) para que la ruta resultado sea precisa sobre el plano.

El servicio de mapas utilizado como base cartográfica es el que ofrece IDEZar. Este servicio ofrece el plano de Zaragoza con unos niveles de escala óptimos para la presentación de rutas (pudiéndose ver incluso números de portales).



The image shows a web application interface for route calculation. At the top, there are three tabs: 'Opciones', 'Líneas de transporte', and 'Información de la ruta'. Below the tabs, there are two input fields: 'Origen: (calle, nº o calle)' with the value 'lamberto, 46' and a 'Buscar' button; and 'Destino: (calle, nº o calle)' with the value 'indiscreta, 6' and a 'Buscar' button. Below the 'Origen' field, there is a dropdown menu with the following suggestions: 'URBANIZACIÓN TORRES DE SAN LAMBERTO, 46', 'PLAZA SAN LAMBERTO', 'CALLE PORTAZGO SAN LAMBERTO', 'CALLE FRAY LAMBERTO ZARAGOZA', 'URBANIZACIÓN COLONIA SAN LAMBERTO (VENTA DEL OI', and 'CALLE SAN LAMBERTO'. Below the 'Destino' field, there is a dropdown menu with the suggestion: 'CALLE LA VENTANA INDISCRETA, 6'. At the bottom, there is a section titled 'Medios de transporte'.

Figura 4. Cajas de búsqueda para el geocoder

En la aplicación web del rutómetro multimodal se ofrece al usuario la posibilidad de seleccionar los distintos medios de transporte públicos, la opción de usar las líneas de autobús nocturnas y la libertad de escoger entre varios criterios de optimización

de las rutas. Una vez fijados origen, destino y los distintos ajustes para el cálculo de la ruta, la aplicación muestra sobre el plano la ruta calculada utilizando un estilo distinto para cada tipo de medio de transporte tal y como se muestra en la Figura 5.

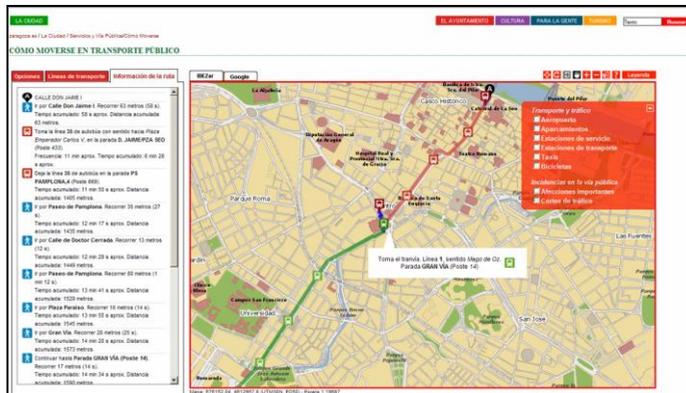


Figura 5. Presentación de una ruta

Asimismo, utiliza iconos que permiten identificar con claridad el cambio en el medio de transporte, el origen, el destino y cada una de las paradas de los transportes públicos por las que pasa la ruta generada. Todos ellos tienen asociados maptips con información textual útil para el usuario (ver Figura 6). En otro panel diferente se muestra la descripción textual de la ruta, que ayuda al usuario a orientarse ofreciendo el nombre de la vía por la que discurre cada tramo y el tiempo y la distancia acumulados hasta ese punto.

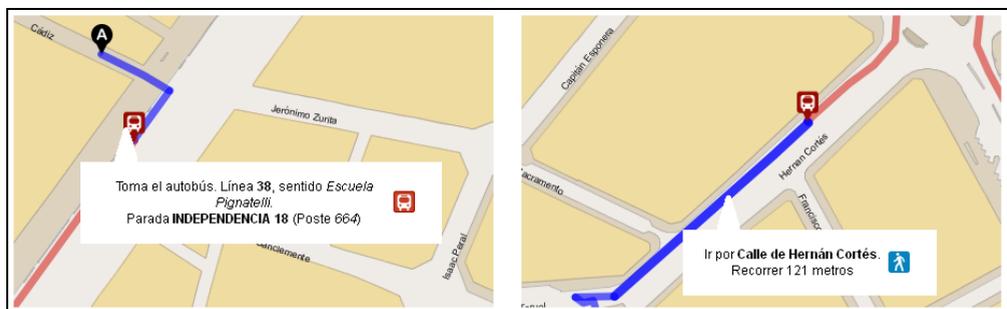


Figura 6. Maptips asociados a elementos de la ruta

Toda la información de la ruta se imprime junto al plano en el caso de que el usuario quiera disponer en papel del recorrido calculado para consultarlo durante su trayecto (ver Figura 7). Esta información también incluye los iconos que ilustran el medio de transporte y los tiempos y distancias acumulados en cada tramo como en el acceso online.



Figura 7. Impresión de la ruta

3.2 Información de líneas de transporte público

Como se ha mencionado al inicio de este apartado, la aplicación web desarrollada por GeoSpatiumLab y la Universidad de Zaragoza para el Ayuntamiento de Zaragoza contempla también el escenario en el que un usuario desee conocer los nuevos recorridos del transporte público urbano tras la implantación del tranvía en la ciudad. Para dar soporte a esta situación se ofrece la opción de visualizar sobre el mapa cada una de las líneas con sus paradas y su recorrido (ver Figura 8). Esto permite a los usuarios conocer la nueva red de transporte urbano más allá del cálculo de rutas puntuales.

La aplicación permite mostrar varias líneas simultáneamente, asignándole a cada una un color y mostrando información textual relacionada en forma de maptips. En la Figura 9 se muestra la información de una parada y del recorrido de una línea.

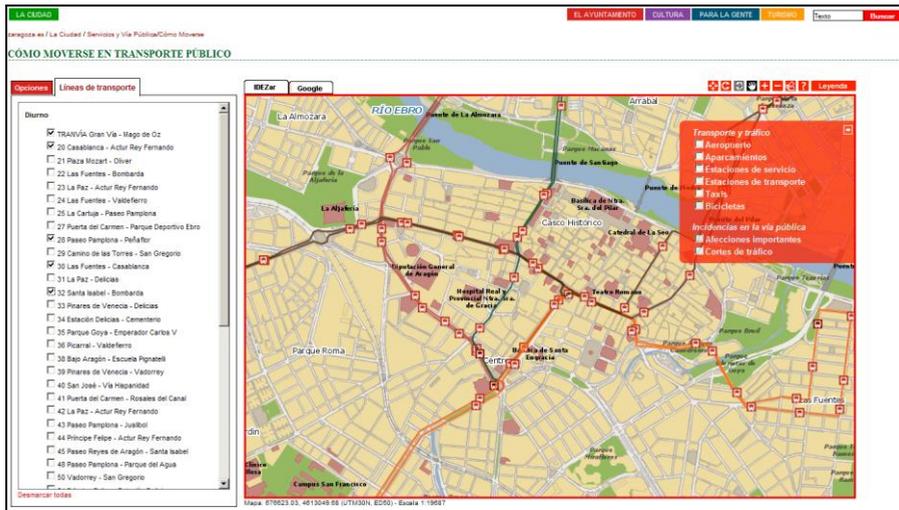


Figura 8. Información estática de líneas de transporte



Figura 9. Maptip de una parada y de una línea de autobús

4 Conclusiones

A lo largo de este artículo se ha presentado un rutómetro multimodal preparado para ser instalado en un entorno de producción real. El diseño ha sido llevado a cabo buscando la máxima modularidad para poder adaptar cada uno de sus componentes según sean las necesidades concretas del problema a solucionar.

Como implementación concreta de este sistema se ha presentado el caso de éxito del rutómetro multimodal para el Ayuntamiento de Zaragoza, en el que el desarrollo de GeoSpatiumLab y el grupo IAAA de la Universidad de Zaragoza se centró en el tranvía, un nuevo medio de transporte implantado en la ciudad y que implicó modificaciones en las rutas de los autobuses ya existentes. Con este desarrollo se ha dejado la puerta abierta a la inclusión de otros medios de transporte (vehículo privado, bicicleta, autobuses interurbanos, etc.) sin necesidad de cambios mayores en el proyecto. Para la adición de cualquier otro medio de transporte el trabajo

vendría en el tratamiento y volcado de datos, pero tanto la infraestructura como el algoritmo de cálculo están ya preparados para darle soporte a nuevos modos de desplazamiento.

En definitiva, el rutómetro multimodal supone una solución completa que resuelve tanto el problema del cálculo de rutas multimodal puro como el de la reorganización y presentación del transporte de cualquier entorno en el que se instale.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Gobierno de España a través de los proyectos “España Virtual” (ref. CENIT 2008-1030), TIN2009-10971.

Referencias

- [1] J. de la Beaujardiere: OpenGIS Web Map Server Implementation Specification. Implementation Specification OGC 06-042, Open Geospatial Consortium, March 2006. (2006)
- [2] A.J. Florczyk, F.J. López-Pellicer, D. Gayán-Asensio, P. Rodrigo-Cardiel, M.A. Latre, J. Nogueras-Iso: Compound Geocoder: get the right position. In: GSDI 11 World Conference and the 3rd INSPIRE Conference 2009, Rotterdam 15-19 June 2009. (2009)
- [3] P. Vretanos: OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard. Implementation Standard OGC 09-025r1 and ISO/DIS 19142, Open Geospatial Consortium, November 2010. (2010)
- [4] P. Schut: OpenGIS Web Processing Service. OpenGIS Standard OGC 05-007r7, Open Geospatial Consortium, June 2007. (2007)
- [5] M.J. Fernández, P. Álvarez, F.J. López-Pellicer, P.R. Muro-Medrano: IDEZar: un ejemplo de implantación de una IDE en la administración local. In: Actas de las IX Jornadas sobre Tecnologías de la Información para la Modernización de las Administraciones Públicas (Tecnimap). Sevilla, España. (2006)