

XVII CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO
Rosario, Argentina
Octubre, 2016

Título:

HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA MOVILIDAD URBANA.
SISTEMA DE MAPEO MÓVIL E INVENTARIO VIAL DE DETALLE

Autores: Ing. Marc DESTHIEUX ¹, Ing. Philippe RAILLAT ², Ing. Gustavo MEZZELANI ³

¹ ACTRIS 24 rue Victor Grignard, BP30143, 29803 Brest Cedex 9, France, 33 298 416 255,

² DIAGWAY 6 avenue du Vieil Etang, 78180 Montigny le Bretonneux, France, 33 134 600 796,

³ ITYAC Riobamba 230 (2000) Rosario, Argentina, 54 341 4820531,

¹ m.desthieux@actris.com, ² philippe.raillat@diagway.com, ³ g.mezzelani@ityac.com.ar

1. RESUMEN

Las ciudades del siglo XXI se enfrentan a desafíos locales importantes de movilidad y más particularmente en términos de accesibilidad, de medio ambiente, de calidad de vida, de aprovisionamiento y de gestión del espacio público. Los sistemas de transporte inteligente, gracias a la utilización de la informática en los sistemas de transporte, constituyen uno de los medios de respuesta a la problemática compleja de la movilidad mediante la optimización del uso de las infraestructuras, el estímulo a una práctica multimodal de los desplazamientos y el desarrollo de soluciones innovadoras.

El proyecto europeo de investigación y desarrollo OPTICITIES, dedicado a la movilidad urbana inteligente, busca ofrecer las mejores condiciones de desplazamiento urbano a los ciudadanos de Europa. Los dominios de aplicación de estas investigaciones son múltiples y aportan herramientas de conocimiento inéditas a las empresas tecnológicas, a las comunidades, así como a las empresas de explotación de infraestructuras viales y aeroportuarias.

El mejoramiento de la movilidad de personas y de mercaderías en un ambiente urbano impone la necesidad de desarrollar servicios de muy alto nivel de información. El conocimiento del patrimonio vial y las condiciones ligadas al transporte de mercaderías pueden impulsar al transporte multimodal hacia un cambio de hábitos de movilidad, a través del uso de la información.

Se propone entonces un nuevo sistema de mapeo móvil e inventario vial de detalle y una nueva aproximación para el reconocimiento e identificación de la señalización vial. La tecnología empleada consiste en utilizar las imágenes panorámicas capturadas por un sistema de video y mapeo móvil. Se utiliza un principio optimizado de tratamiento de imágenes para el reconocimiento de la señalización vertical y horizontal. Además, el sistema geoposiciona en forma automática la totalidad de las señales detectadas y las almacena en una base de datos.

2. INTRODUCCION

Luego de cuarenta años de importantes inversiones, la interconexión de redes de infraestructuras se ha convertido en una prioridad para asegurar el crecimiento de la población urbana y el desarrollo económico. Esto ha sido introducido en las políticas públicas del transporte a través de los conceptos de la inter-modalidad, la multi-modalidad y la co-modalidad. Por otro lado, desde los años 1990, las tecnologías de la información y de la comunicación aplicadas a los dominios del transporte han permitido el despliegue de sistemas de gestión de redes y de nuevos servicios de información a los usuarios.

Las conclusiones que surgen de estas inversiones son más bien positivas, pero aún modestas en relación a los objetivos del transporte modal que tendrán lugar en el curso de los próximos años. Los objetivos a largo plazo necesitan de acciones concretas y coordinadas. Estos planes deberían incluir un amplio abanico de partes integrantes, con el fin de cooperar sobre todos los modos de transporte a nivel local o regional y poner el acento sobre las redes y los usuarios.

Al mismo tiempo, los condicionantes ambientales y financieros han limitado fuertemente la capacidad de construir nuevas infraestructuras de transporte. De esta manera, una nueva lógica basada sobre un enfoque de servicio y sobre la optimización de las infraestructuras existentes ha surgido para responder a la demanda de movilidad creciente.

Con respecto a los modelos tecnológicos y de la sociedad, dos desarrollos claves van a influir considerablemente sobre las políticas de movilidad y el rol de los actores públicos y privados:

- Libre acceso al geoposicionamiento (gracias al GPS y a las tecnologías Galileo)
- Difusión de la Internet móvil a través de los teléfonos inteligentes, ofreciendo a los usuarios una gama de nuevos servicios.

3. CONCEPTO Y OBJETIVOS

Los desafíos de la movilidad son cada vez más importantes en un contexto de crecimiento rápido de los centros urbanos en todo el mundo. En la Unión Europea, por ejemplo, el 75% de los habitantes viven a la fecha en zonas urbanas. Los problemas a los cuales se enfrentan las ciudades pueden ser clasificados en 5 ejes:

- Accesibilidad: de centenas de miles de vehículos que entran cada día en los centros urbanos, con situaciones de saturación que reúnen al mismo tiempo varias líneas de transporte en común.
- Medio Ambiente: los transportes representan el 30% de las emisiones de CO², lo cual provoca reales problemas de salud pública.
- Calidad de vida en los centros urbanos, con una necesidad de transferencia modal del vehículo particular hacia los transportes públicos: más del 50% de los desplazamientos en automóvil resultan inferiores a 3 km y con una tasa de ocupación del vehículo próxima a 1.
- Aprovechamiento de la ciudad: la logística urbana representa el 10 al 15 % del tránsito y debe compartir el espacio con los demás usuarios.
- Gestión del espacio público: todos estos problemas se concentran sobre un espacio público limitado, que debe ser compartido entre los diferentes modos de desplazamiento y el ordenamiento territorial urbano.

El proyecto europeo de investigación y desarrollo OPTICITIES, dedicado a la movilidad urbana inteligente, se ha trazado objetivos ambiciosos y relacionados al desarrollo de:

- Nuevos esquemas de cooperación concreta público/privada, orientados al acceso a datos de movilidad urbana público y privada de calidad,
- Estándares europeos para acceder a servicios de información sobre los desplazamientos, cualquiera sea la población donde se encuentre.
- Herramientas de optimización de la regulación del tránsito, apoyándose sobre datos en tiempo real y predictivos.
- Un navegador tiempo real multimodal que pueda dialogar con los GPS de los automóviles.
- Un navegador para el transporte de mercaderías en las ciudades, utilizando bases de datos nuevas y utilizables en las diferentes poblaciones.

El proyecto OPTICITIES agrupa a 25 socios de 8 diferentes países de la Unión Europea, y fue desarrollado en 6 importantes ciudades de Europa: Birmingham, Gotemburgo, Lyon, Madrid, Torino y Breslavia.

La diversidad de socios permite dotar al consorcio de un conocimiento variado y focalizado en:

- Una visión compartida de la movilidad urbana, y representante de los diferentes contextos que se encuentran en Europa: capitales, ciudades de tamaño intermedio, gestores de redes de transporte, industriales, operadores de servicios, centros de investigación.
- El objetivo de trabajar en soluciones aplicables sobre el terreno en menos de 5 años y en consecuencia la puesta en marcha de experiencias de campo para evaluar soluciones a gran escala (local y europea)

- La puesta en marcha de guías de aplicación, herramientas desarrolladas por OPTICITIES y su difusión por parte de las más grandes redes de la movilidad: la Unión Internacional de Transportes Públicos; EuroCities, la red más grande de ciudades europeas y las ciudades interesadas en mejorar la movilidad urbana mediante la utilización de sistemas ITS.

4. PRESENTACION DEL PROYECTO

Nos focalizaremos en las herramientas que el proyecto OPTICITIES brinda en el territorio del Grand Lyon, una de las 6 ciudades participantes.

El proyecto en el Grand Lyon mismo va a permitir:

- Normalizar los sistemas con el fin que los navegadores multimodales sean utilizables en las ciudades europeas socias del proyecto.
- Asegurar una continuidad del servicio al usuario entre el vehículo y su teléfono inteligente, desarrollando la comunicación entre el navegador multimodal y los sistemas GPS embarcados de las automotrices.
- Integrar una herramienta de predicción del tránsito a 1 hora, desarrollado en el sistema de regulación del tránsito, con el fin de controlar las intersecciones semaforizadas.
- Desarrollar un navegador para la logística urbana que permita a los profesionales disponer de información rica ligada a las reglamentaciones de circulación (velocidad permitida, altura límite, materiales transportados, peso permitido, etc.) en las ciudades participantes del proyecto.

Como parte de los objetivos de este proyecto innovador, la primera exigencia consiste entonces en reunir los datos para construir servicios de calidad. El proyecto OPTICITIES preveía así la constitución de una base de datos de movilidad a escala de un territorio, provista por el sector público, y puesta a disposición del sector privado con el fin de desarrollar servicios de información de alto nivel para los particulares y la logística urbana.

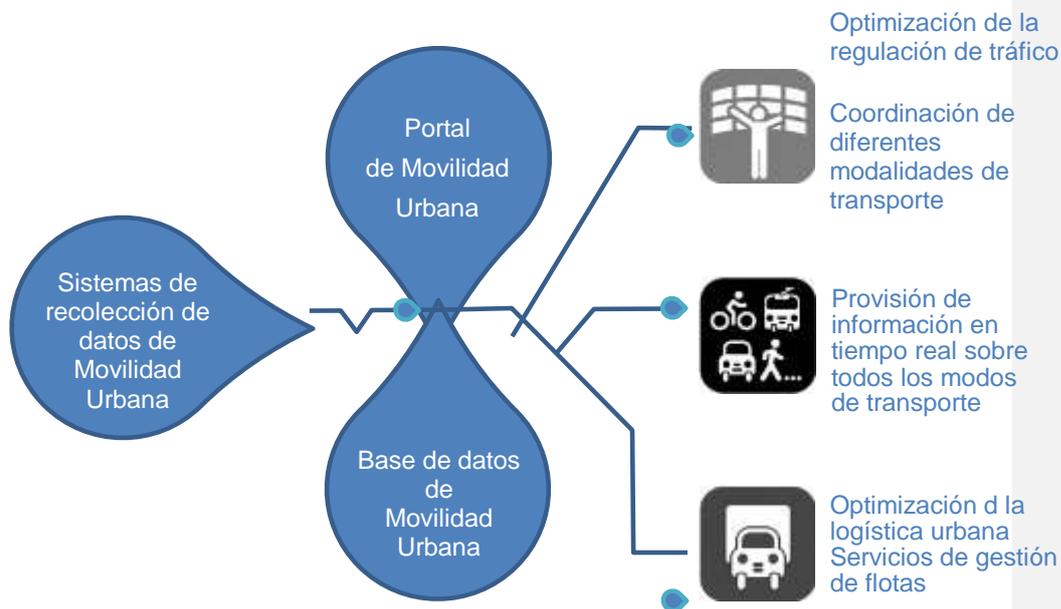


Figura 1: Esquema General del proyecto OPTICITIES en el Grand Lyon

En el marco de este programa de Investigación y Desarrollo, las colectividades implicadas se proponen entonces:

- Favorizar la construcción de una base geográfica completa y confiable de la señalización vial y las características de las vías,
- Poder poner a disposición esta información, con el objeto de que las aplicaciones que guíen el tránsito puedan trabajar sobre bases sólidas y limitar así las perturbaciones ocasionadas por información errónea, en particular para el flete urbano.

En la búsqueda de soluciones óptimas y perdurables, el programa OPTICITIES constituye una plataforma de:

- Desarrollo de servicios innovadores en software.
- Investigación y puesta en marcha de nuevos medios de medición para la generación automática de información selectiva y pertinente.
- Adaptación de interfaces de software para una sincronización en tiempo real con los sistemas de información y de toma de decisiones.
- Concepción y test de un prototipo a elaborar.
- Investigación sobre la mejora de la calidad de datos topológicos y reglamentarios de la red vial.

En efecto, no es generalmente posible disponer, en los archivos geográficos viales existentes, de información confiable con respecto a obligaciones, prohibiciones, reglamentaciones aplicables a la red vial, teniendo en cuenta múltiples señales que no están todas digitalizadas, algunas de ellas, a veces, muy antiguas.

5. SOLUCIÓN DE VIDEO Y MAPEO MÓVIL

La solución de Video y Mapeo Móvil está compuesta de un equipo de relevamiento de campo, principalmente constituido por un sistema de captura de imágenes panorámicas 180° y de un sistema de geo-posicionamiento híbrido en tiempo real.

El sistema está integrado en una solución compacta compuesta por una única “caja”, a excepción del sensor de odómetro que está fijado sobre una de las ruedas del vehículo. Una vez instalado el sistema sobre el techo del vehículo, el sistema captura y registra imágenes a intervalos de distancia regulares.



Figura 2: Sistema de Video y Mapeo Móvil empleado para el Grand Lyon

Todos los elementos descritos son alimentados mediante la alimentación de 12 DVC estándar del vehículo.

Asimismo, dichos elementos son desmontables durante los traslados y guardados en el interior del vehículo en una operación de pocos minutos.

El equipo opera inserto en el flujo normal del tránsito y a velocidades entre 25 y 110 km/h. El operador configura y controla todas las funciones durante la operación mediante una tableta táctil tipo IPAD a través de una sola interface muy amigable.

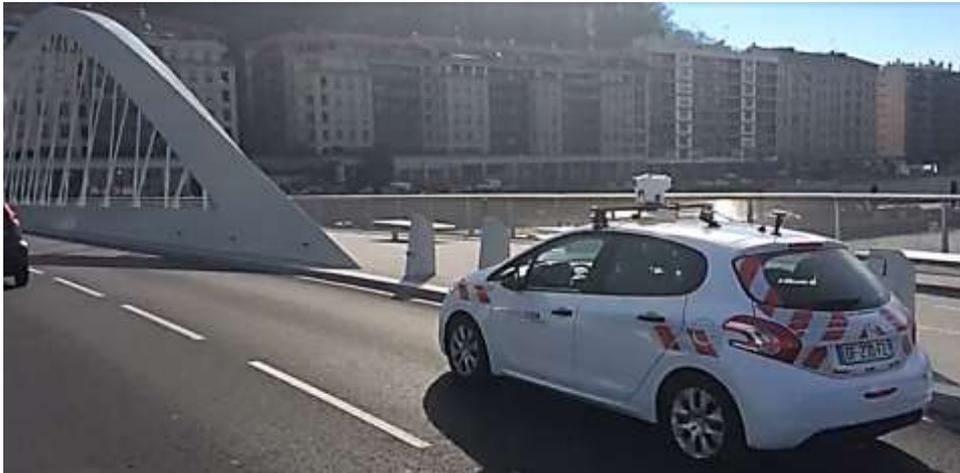


Figura 3: Sistema de Video y Mapeo Móvil. Trabajo de campo en el Grand Lyon



Figura 4: Sistema de Video y Mapeo Móvil instalado en un vehículo



Figura 5: Sistema de Video y Mapeo Móvil desmontado para su traslado

El módulo de adquisición es controlado y configurado a través de una interfase Web 2.0. Una vez que la tableta táctil es conectada vía Wifi o RJ45, el operador dispone de toda la información necesaria en tiempo real: imágenes, posición, controles del sistema.



Figura 6: Tableta táctil WiFi–Notebook conectada a la interfase Web del sistema de adquisición

Funciones realizadas por el módulo de adquisición:

- Relevamiento de imágenes panorámicas multi-cámaras,
- Georreferenciación de datos (imágenes, eventos, características geométricas)
- Geo orientación de las imágenes,
- Referenciación de las imágenes en PR+Abscisa respecto al progresivo lineal de la ruta (odómetro),
- Medición de características geométricas (rumbo, balanceo y cabeceo),
- Cartografía a bordo,
- Información en tiempo real (imágenes, posición, ...),
- Tele-servicio (WiFi, 3G/4G),
- Alimentación sin interrupción,
- Fijación sobre una barra de techo estándar,
- Sistema portable y transportable en maleta,
- Posibilidad de efectuar el relevamiento en 360° adicionando dos módulos de adquisición.

A partir de los datos recolectados, el software de post-tratamiento permite:

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arimo

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arimo



- Crear un progresivado absoluto,
- Consultar las imágenes en vista simple o panorámica,
- Realizar mediciones sobre las imágenes,
- Realizar el inventario del patrimonio vial, configurando e ingresando eventos
- Exportar las imágenes, las trazas GPS y los objetos inventariados, en diferentes formatos de bases de datos para ser automáticamente incorporados en Sistemas de Gestión de Pavimentos o Sistemas de Información Geográficos.



Figura 7: Software de post-tratamiento de datos

Múltiples funciones avanzadas mejoran aún la productividad así como la calidad de los datos producidos:

- Cartografía integrada,
- Integración (por importación de datos) de capas GIS
- Gestión de eventos en forma temática
- Gestión de imágenes con atributos
- Integración gráfica de indicadores (de auscultación, ejemplo IRI)
- Ingreso de datos en modo colaborativo
- Ambiente multi-idioma

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arimo

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arimo

6. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

6.1. Análisis funcional

El análisis de necesidades de tratamiento de datos hizo necesario crear 4 familias de funciones dentro del software de post-tratamiento. Ellas reúnen 14 sub-funciones suplementarias que se integran en la solución de Video y Mapeo Móvil:

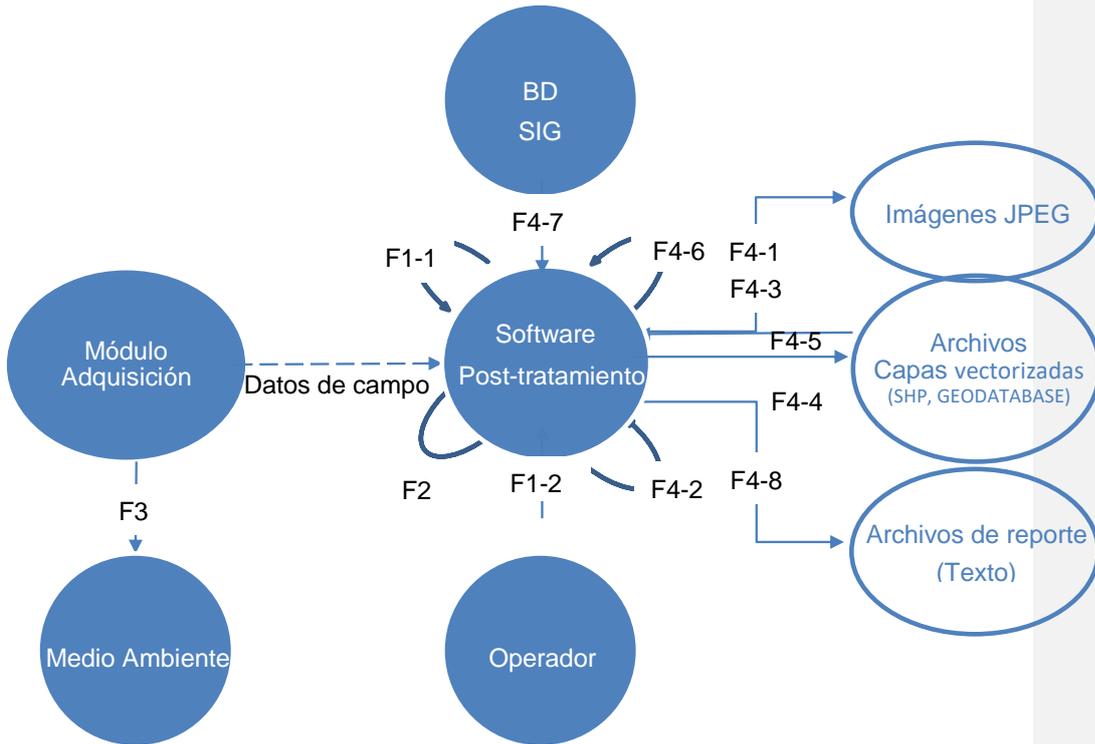


Figura 8: Diagrama de análisis funcional

N°	Función
F1	Automatización de relevamiento de la señalización vertical
F1-1	Detectar, reconocer, geo orientar y geolocalizar automáticamente las señales verticales
F1-2	Detectar automáticamente las señales verticales
F2	Automatización de relevamiento de la señalización horizontal
F2-1	Detectar, reconocer, geo orientar y geolocalizar automáticamente las señales puntuales
F2-2	Agregar un atributo particular a la señalización horizontal temporaria

F2-3	Crear un indicador de contraste con la calzada (fuerte - medio - débil)
F3	Medición en continuo de altura libre bajo estructura
F4	Interconexión del software de explotación con los Sistemas GIS
F4-1	Exportar las imágenes panorámicas
F4-2	Asociar imágenes a un objeto GIS.
F4-3	Exportar las fichas jpeg -JPEG a los objetos en las colecciones
F4-4	Exportar los datos a formato GEODATABASE
F4-5	Importar objetos GIS, en formato SHP, GEODATABASE y posicionarlos en la imagen
F4-6	Filtrar la visualización de objetos por valores de atributos
F4-7	Representar las capas GIS vectorizadas
F4-8	Generar un reporte de errores sobre el estado de sentidos de circulación de la vía

6.2. Tratamiento y extracción automática de datos

En el marco de OPTICITIES, el proyecto consistió en estudiar la factibilidad de extraer sistemática y automáticamente información útil de las imágenes (generadas con cámaras digitales de alta resolución) y de los sensores asociados: GNSS (Sistema Global de Navegación Satelital), central inercial, odómetro óptico. La determinación de las características geométricas, ligadas a un inventario exhaustivo de la calzada permite evaluar la compatibilidad del ordenamiento territorial aplicado a la problemática del flete urbano. Estas búsquedas podrán contribuir a un progreso importante en el conocimiento del patrimonio y la mejora del tránsito vial, así como el aumento de la capacidad de actualización de bases de datos existentes con el objeto de crear una plataforma colaborativa de información.



Figura 9: Señalización vertical y horizontal



Figura 10: Altura libre bajo estructura

6.3. Relevamiento automático de la señalización vertical

El estudio se propone realizar el reconocimiento y la geolocalización de la señalización vial vertical en forma automática, a saber:

- AB – Señales preventivas (de intersección y de prioridad)
- B – Señales reglamentarias, reguladoras o prohibitivas
- C – Señales informativas, de indicaciones útiles para los conductores

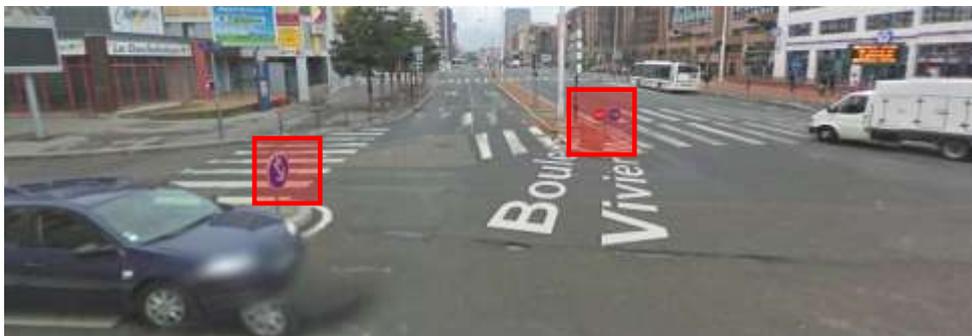


Figura 11: Detección y reconocimiento automático de la señalización vertical

Con formato: Fuente:
(Predeterminado) Arimo, 10 pto



Figura 12: Geo localización de la señalización vertical sobre una ortofoto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arimo



Figura 13: Geo orientación de la señalización vertical sobre una ortofoto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arimo

La fase siguiente consistirá en detectar la presencia de rótulos o leyendas: El reconocimiento de caracteres (por ejemplo peso permitido) será tratado en una segunda instancia. Por el momento, es posible una intervención complementaria del operador para la identificación de leyendas o rótulos y su función.



Figura 14: Ejemplos de cartelería equipada con leyendas

Con formato

Con formato

Con formato

Con formato

Con formato

Con formato

La modelización de datos debe permitir la exportación en formato GIS (Geodatabase, SHP) de una capa de objetos puntuales de tipo “nube de puntos”.

El sistema permitirá exportar en una carpeta o archivo, un conjunto de objetos puntuales (cartelería) con una imagen de cada señal vertical (imagen de la señal encuadrada, extraída de la mejor imagen que se cuente del registro fotográfico realizado). La denominación del archivo permitirá ligar automáticamente cada imagen al objeto GIS correspondiente a cada tipo de señal.

6.4. Relevamiento automático de la señalización horizontal

El estudio también abarca el reconocimiento y geocalización de objetos de tipo «marcación puntual»: Pasos peatonales – Flechas direccionales – Pictograma de bicicletas – Leyenda “Bus” – Sitio PMR – Línea zigzag para parada de ómnibus



Figura 15: Paso peatonal



Figura 16: Flechas direccionales



Figura 17: Pictograma de bicicletas



Figura 18: Indicación de BUS



Figura 19: Paso peatonal

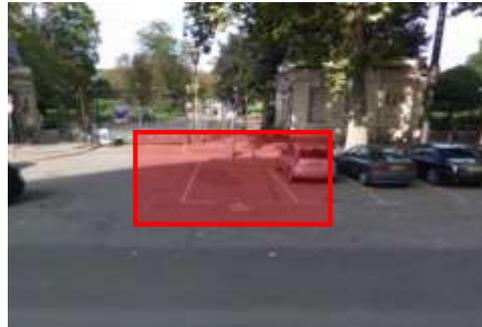


Figura 20: Estacionamiento para discapacitados

Comentarios:

- En una primera instancia, solamente son analizadas las señales presentes sobre la ruta inventariada: la señalización perpendicular al sentido de desplazamiento del vehículo no son tenidas en cuenta.
- Está prevista un atributo particular para la señalización horizontal temporaria. Los objetos en zona de trabajo deben disponer de una propiedad que califique el carácter temporario del objeto.
- El sistema asocia un indicador de contraste (fuerte, medio o débil) de la demarcación con la calzada. La noción de contraste puede ser aplicada a toda o parte de la señalización horizontal (zonas de desgaste irregular ligadas al pasaje de vehículos).
- La modelización de datos debe permitir la exportación en formato GIS (Geodatabase, SHP) de una capa de objetos puntuales de tipo "nube de puntos".

6.5. Medición en continuo de la altura libre bajo estructura

Se ha desarrollado una herramienta para la determinación automática y en forma continua de la altura libre bajo una estructura, como puede ser un túnel. La misma permite detectar las «No Conformidades», comparando la restricción indicada por la señalización y contrastándola con la altura efectivamente medida, considerando una tolerancia aceptable. (Medición / Señalización vertical / Tolerancia).



Figura 21: Entrada a un túnel. Altura libre permitida indicada en la señalización

En el caso de un túnel, la débil luminosidad dentro del mismo impone la investigación de otros métodos alternativos a la utilización de algoritmos de tratamientos de imágenes clásicos.

La solución para determinar la altura libre es la medición en continuo mediante el empleo de un sistema LiDAR montado a bordo y sincronizado. El sensor LiDAR es sincronizado con la central de adquisición del Sistema de Vídeo y Mapeo Móvil y restituye un perfil georreferenciado.

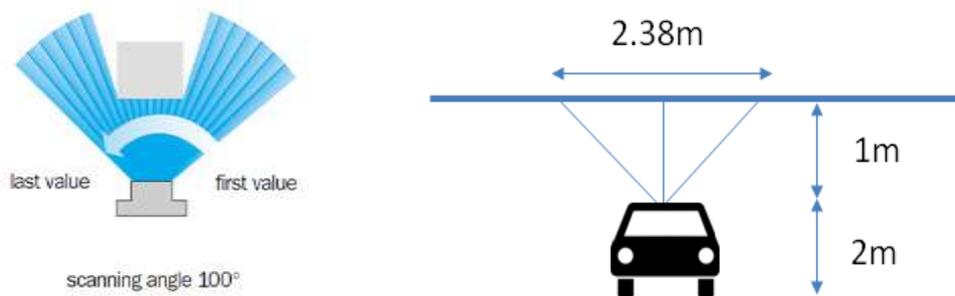


Figura 22: Principio de medición mediante scanner LiDAR

La herramienta debe restituir, bajo forma de símbolo lineal (polígono), la medición del punto más bajo de la estructura, imponiendo restricciones de altura libre.

La modelización de perfiles de emisión es efectuada bajo la forma de objetos discontinuos.

Con formato



Figura 23: Sistema de Video y Mapeo Móvil próximo al ingreso a un túnel

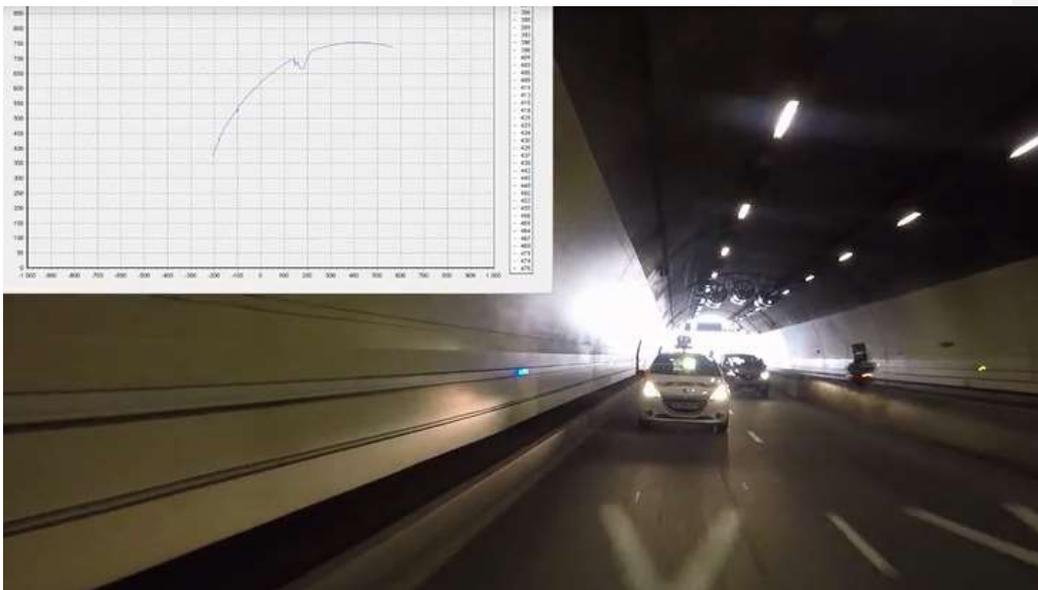


Figura 24: Medición en continuo de altura libre en túnel con scanner LiDAR

6.6. Interconexión de la solución de Video y Mapeo Móvil con los Sistemas GIS

Las funcionalidades integradas en el software de post-tratamiento son las siguientes:

- Exportación de imágenes panorámicas



Contienen un archivo referencial (compatible con hoja de cálculo) asociado a una colección de imágenes exportadas: código FUV, designación de la imagen, posición X, posición Y.

- Asociación de imágenes / viñetas a los objetos GIS:



Zona de interés de la imagen fuente, una viñeta producida por el software de explotación es asociada a la ficha de identificación de atributos accesible en las diferentes aplicativos GIS.

- Exportación de archivos JPEG asociados a los objetos en las colecciones: La designación de documentos generados, asociados a los objetos, es normalizada con el fin de facilitar la integración de estos documentos por lotes, a través de las herramientas GIS y el formato de imágenes producidas es compatible con el banco de imágenes GIS
- Exportación de datos objetos a formato GEODATABASE con el fin de asegurar la compatibilidad con el GIS.
- Importación de objetos GIS mediante archivos SHP, GEODATABASE y posicionamiento en la imagen: cada objeto posee una ficha asociada de informaciones de atributos, variable en función de la capa de datos. La modelización de capas de datos utilizadas por el software de tratamiento es idéntica a modelización GIS, con el objeto de facilitar las operaciones de importación/exportación hacia las base de datos central.
- Filtro de la visualización de objetos por valor de atributo: el software de tratamiento permite la visualización y la puesta en evidencia, en sus ventanas cartográficas y fotográficas, de un subconjunto definido de capas de datos GIS (por ejemplo todos los objetos cuyo atributo Validez sea igual a « En curso de actualización»). Estos subconjuntos constituyen los « datos a verificar / ingresar / validar » sobre un sector determinado.
- Representación de capas GIS vectorizadas: Con el objeto de que el usuario del software de tratamiento disponga de un ambiente cartográfico actualizado, el

ambiente cartográfico utilizado es directamente conectado a las bases de datos GIS y permite integrara los archivos de orto-fotos almacenados en un directorio de red distante.

- Generación de un informe de errores sobre el estado de circulación de la red vial: Automatización de la detección de conflictos simples entre el sentido de circulación real y el sentido de circulación teórico o referencial.

7. GLOSARIO

GEODATABASE: Una Geodatabase Personal es una base de datos que permite almacenar, gestionar e interactuar con datos espaciales y no espaciales

SDE: « Spatial Database Engine » o Motor de Base de datos espacial

SHP: ShapeFile es un formato de archivo propio de los Sistemas de Información Geográficos o SIG - GIS

SIG - GIS: Un Sistema de Información Geográfico permite crear, organizar y presentar datos alfanuméricos georreferenciados

8. BIBLIOGRAFIA

[1] DSCR/AI4 - Annexe de l'arrêté du 24 novembre 1967 – VC 20120402

[2] Instruction interministérielle sur la signalisation routière – 7ème partie – VC 20120402

[3] Opticities_leaflet-2014-9_FINAL-1

[4] OPTICITIES_SPECIFICATIONS_TECHNIQUES_v2.1

[5] OPTICITIES_Deliverable_D115_TOC_GLY ACTRIS_v1.2