

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

Título:

**INVENTARIO VIAL URBANO E INTERURBANO EMPLEANDO UN SISTEMA
PORTATIL DE ALTO RENDIMIENTO**

Autores: Ing. Marc DESTHIEUX ¹, Ing. Didier ROUVEIX ², Ing. Philippe RAILLAT ³, Ing. Gustavo MEZZELANI ⁴

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

² ACTRIS, 3 place Giovanni da Verrazzano, 69009 Lyon, France, 33 4 20 10 21 39,

³ DIAGWAY, 6 avenue du Vieil Etang, 78180 Montigny le Bretonneux, France, 33 134 600 796,

⁴ ITYAC, Riobamba 230 (2000) Rosario, Argentina, 54 341 4820531,

¹ m.desthieux@actris.com, ² d.rouveix@actris.com, ³ philippe.raillat@diagway.com,

⁴ g.mezzelani@ityac.com.ar

1. RESUMEN

Las infraestructuras viales contribuyen a la seguridad y al confort de los usuarios a través de su equipamiento específico. Pero ellas se ven sometidas inexorablemente a un envejecimiento bajo el efecto de sollicitaciones tales como el tránsito y el clima. El mantenimiento y conservación de esas infraestructuras representan un desafío económico considerable.

Se trata de mantener el patrimonio vial en un nivel de servicio tal que asegure el intercambio y la circulación de bienes y de personas con un nivel de seguridad suficiente para el usuario. Para aquellos a cargo de la administración o gestión de una red vial, el conocimiento de su equipamiento, el estado de la red y la vida útil de sus estructuras de calzadas son elementos claves para definir de manera óptima la programación y los presupuestos.

La auscultación sistemática de rutas constituye una política de racionalización del mantenimiento de la ruta y su equipamiento. Toda buena gestión del mantenimiento de infraestructuras viales necesita disponer de información y de herramientas analíticas adecuadas que permitan planificar y coordinar actividades, elaborar y defender presupuestos, y controlar resultados.

En este sentido, los sistemas dedicados a la adquisición de imágenes viales asociadas a nuevas herramientas de software pueden proveer datos e indicadores objetivos sobre el estado de la red para ayudar a la toma de decisiones.

Se propone una solución portátil y liviana, fácilmente adaptable a múltiples contextos y necesidades. Este sistema de adquisición multifunción, modular y evolutivo, constituye un medio de inventario vial y recolección de datos de gran rendimiento fácilmente operable, transportable y adaptable. La información generada es fácilmente exportable a Sistemas de Información o de Gestión Vial.

2. INTRODUCCION

Nuestras rutas y caminos constituyen un bien público de gran valor, brindando ventajas reales a la sociedad. La infraestructura vial es, sin lugar a dudas, uno de los elementos motores del desarrollo al favorizar los intercambios. El estado de una red vial y el desarrollo económico de un país están, por lo tanto, estrechamente ligados el uno con el otro.

Las infraestructuras de transporte aportan a nuestro inconsciente colectivo una imagen de robustez y durabilidad ligada a los materiales que las constituyen, agregados pétreos, asfalto, cemento, etc. Sin embargo y lamentablemente, esto no se corresponde con la realidad. Si bien la durabilidad o vida útil de las infraestructuras viales es, generalmente, de un tiempo prolongado (varias decenas de años), es necesario mantener y preservar este real soporte de la economía en relación a los desafíos que representa, so pena de verlas degradarse y que esto no se corresponda con los servicios que deben brindar.

Con el fin de garantizar en forma duradera la calidad y la performance de las infraestructuras y los servicios que ofrecen, las nuevas políticas de mantenimiento

necesitan disponer, para comenzar, del conocimiento más preciso posible del patrimonio existente. Esta estrategia busca integrar tres objetivos:

- Mantener la seguridad y la transitabilidad
- Brindar confort de los usuarios
- Preservar las calzadas, las obras de arte y el equipamiento

De esta manera, auscultar, evaluar el estado actual y analizar el ciclo de vida de los caminos constituyen los ejes fundacionales de una estrategia óptima de mantenimiento.

A partir de lo dicho respecto a los beneficios socio-económicos que la ruta ofrece, analizaremos en este artículo los medios técnicos que nos permiten conocerla de la mejor manera.

3. CONSTITUCIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y MONITOREO VIAL

Toda buena gestión del mantenimiento de infraestructuras viales necesita disponer de información y de herramientas analíticas adecuadas que permitan planificar y coordinar actividades, elaborar y defender presupuestos, y controlar resultados.

En vista de esta necesidad, desde hace ya varios años las diferentes entidades, organismos y empresas encargados de la administración de redes viales vienen haciendo esfuerzos por utilizar herramientas que permitan ayudar a los responsables de la toma de decisiones, a encontrar la óptima distribución de fondos destinados al mantenimiento y reconstrucción de carreteras, permitiendo de esta manera que se haga un uso más racional de los recursos existentes, en favor del bien común.

Los encargados de la gestión vial deben dominar el conocimiento de su patrimonio vial, administrarlo, mantenerlo, explotarlo y producir la información relativa a su uso.

Para responder a las necesidades de una política de gestión de la red, es necesario elaborar o disponer de un sistema de referencia detallado y a gran escala.

Un Sistema de Información y Monitoreo Vial (SIEM) se conforma de los siguientes componentes fundamentales:

- Un sistema de referenciación
 - Base de identificación de rutas,
 - Sistema de localización geográfico (con un sistema de proyección asociado),
 - Materialización de la referenciación (disponer de una demarcación física de las rutas, mojones, etc.).
- Una base de datos viales
 - Datos indispensables y actualizados: inventario y evaluación del estado de calzadas y elementos de la vía, datos de la historia constructiva y de conservación, datos de tránsito,
 - Un paquete de software GIS.



Figura 1: Sistema de Inventario, Evaluación y Monitoreo (SIEM)

Un SIEM (Figura 1) posibilita el almacenamiento ordenado de la información histórica, actual y futura de la red vial, partiendo de la estructura básica de la red vial, los hechos físicos existentes en cada carretera, la información existente relativa a paquetes estructurales, datos de auscultación y evaluación de estado de todos los elementos del inventario vial, y particularmente la calzada, caracterizada por los diferentes parámetros definidos por la Ingeniería Vial.

4. SEGUNDA ETAPA: PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN VIAL

De manera convencional y estandarizada, un sistema de información vial se apoya sobre una representación que comprende elementos descriptivos de la red vial y de puntos de localización permitiendo georreferenciar objetos y eventos. Esto permite trabajar en coordenadas planimétricas (referencial geográfico X, Y) y en distancia curvilínea (referencial lineal de tipo PR+ Abscisa o nodal). Este referenciamiento es común a todo el dominio vial (explotación, gestión, mantenimiento)

La constitución de una base de datos viales a partir de un relevamiento de gran rendimiento del patrimonio vial y la auscultación de la calzada reagrupa las especificaciones y temas siguientes:

- Referenciales lineal y geográfico
- Patrimonio vial
- Fotografías
- Estado de la red

El desafío es localizar sin ambigüedad los objetos sobre el terreno, que estén sobre la calzada, en los intercambiadores, y en proximidades a la ruta, cualquiera se la técnica de relevamiento empleada (relevamiento de campo tradicional, GPS o equipo de alto rendimiento)

El mantenimiento de rutas es costoso. Disponer de un estado preciso de la situación y de un plan de acción para muchos años, permiten disponer de una red en buen estado y resulta rentable tanto para los usuarios que lo aprovechan, como para los poderes públicos que lo tienen a su cargo.

La auscultación sistemática de la red vial constituye una base de racionalización del mantenimiento. En efecto, gracias a indicadores objetivos sobre el estado de la red, las intervenciones son optimizadas en un contexto donde las posibilidades de financiamiento se vuelven cada vez más limitadas. La base de datos viales contiene los criterios esenciales para la ayuda a la decisión del mantenimiento de la red a corto, mediano y largo plazo:

- Control del impacto de la aplicación de medidas correctivas y preventivas, así como el impacto negativo que provoca el retardo de su puesta en obra,
- Predicción de la evolución del estado de las rutas,
- Experiencias en cuanto al éxito o fracaso de las diversas técnicas y materiales utilizados para el mantenimiento,
- Medición del impacto de la evolución del tránsito (frecuencia de cargas, concentración de deformaciones)

En efecto, la Fase II del proceso consta de diferentes herramientas para efectuar la planificación y gestión de la red vial, a partir de la información almacenada en la etapa I con la creación de un SIEM.

Se incluye entonces, como parte de esta segunda etapa, la ejecución de un plan de obras a partir de las necesidades y la asignación de prioridades del sector vial y su correspondiente plan de metas y de inversión. El resultado de esta etapa responde a las preguntas: “*qué, dónde y cuándo hacer?*”, luego de una verdadera optimización técnico-económica. (Figura 2)

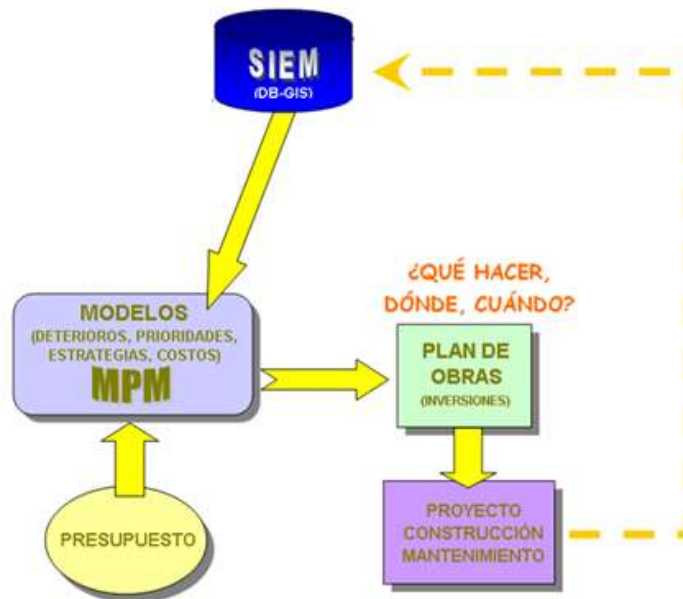


Figura 2: Segunda fase del proceso, Modelos de Planificación y Plan de Inversión Vial

Una vez concretado el Plan de acciones de mantenimiento, la red vial afectada inicia su período de conservación y el ciclo se repite, siendo muy importante realizar una evaluación del “estado cero”, para luego monitorear periódicamente la evolución del deterioro mediante una auscultación plurianual correctamente programada.

5. SOLUCIÓN DE VIDEO Y MAPEO MÓVIL

Recientes colaboraciones con los departamentos y municipios en Francia han evidenciado el interés que despierta en ellos el hecho de disponer de herramientas innovadoras y poco onerosas para gerenciar mejor sus redes viales. En efecto, gracias al desarrollo de conceptos innovadores y ergonómicos, fácilmente transportables y desmontables de un vehículo a otro, sin necesidad de ningún equipamiento en particular, estos organismos regionales han encontrado autonomía en cuanto a sus capacidades de efectuar ellos mismos el seguimiento de sus redes viales, sin generar molestias a los usuarios y con gran simplicidad y economía.

De esta manera, el principio de relevamiento de imágenes panorámicas geoposicionadas de gran rendimiento aporta una respuesta adaptada a las necesidades de los profesionales para la gestión y explotación de sus redes viales.

Se trata de la solución de Video y Mapeo Móvil, la cual está compuesta de un equipo de relevamiento de campo fácilmente montado en cualquier vehículo liviano, principalmente constituida por un sistema de captura de imágenes panorámicas que cubren 180°, autónomo y dinámico, y de un sistema de geo-posicionamiento “híbrido” en tiempo real. Responde a un concepto innovador, con una arquitectura micro-

electrónica reprogramable e interfaz universal y un sistema portable de alta tecnología y bajo consumo de energía.

Las imágenes son capturadas y sincronizadas mediante 3 cámaras color de alta resolución, que permiten cubrir un ángulo de cobertura de 180°, con fines de Inventario Vial y Auditorías de Seguridad Vial. Cuenta con sensores de alta sensibilidad y una frecuencia de adquisición de 25 imágenes por segundo (intervalo de 1 m a 90 km/h)

Dichas imágenes pueden ser integradas en una sola imagen panorámica, por lo que el sistema cuenta con un mecanismo de integración automático de las mismas.



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

5.1. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El sistema está integrado en una solución compacta compuesta por una única “caja” o módulo (Figuras 4 y 5), a excepción del sensor de odómetro que está fijado sobre una de las ruedas del vehículo.

El sistema cuenta con una central inercial, la cual en combinación con el sistema de geolocalización por satélites (DGPS) y el odómetro óptico, posibilitan lo que se denomina *Navegación Híbrida*, brindando gran precisión al posicionamiento de los datos en tiempo real y posibilitando la determinación dinámica de la posición en caso de interferencias en la recepción satelital del GPS. Este aspecto es de gran importancia en sitios con obstáculos como zonas urbanas, montañosas o túneles.

La central inercial permite además determinar las características geométricas del camino, es decir la pendiente longitudinal, la pendiente transversal, la curvatura en planta y el rumbo.

Una vez instalado el sistema sobre el techo del vehículo, el operador del sistema captura y registra imágenes a intervalos de distancia regulares, sin cables, gracias a una conexión Web 2.0. Además, cuenta con la posibilidad de un soporte 4G para el

mantenimiento y la administración a distancia (acceso en tiempo real a las adquisiciones adquiridas y control de la progresión de captura)

Dispone de capacidad de memoria para captura segura de datos de gran rendimiento.



Figura 4: Captura de datos sin cables vía Wifi

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 un procedimiento 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 auscultación mediante una tableta táctil tipo IPAD, a través de una interface única muy amigable.



Figura 5: Sistema de Video y Mapeo Móvil con cobertura 180° instalado en un vehículo



Figura 6: 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.

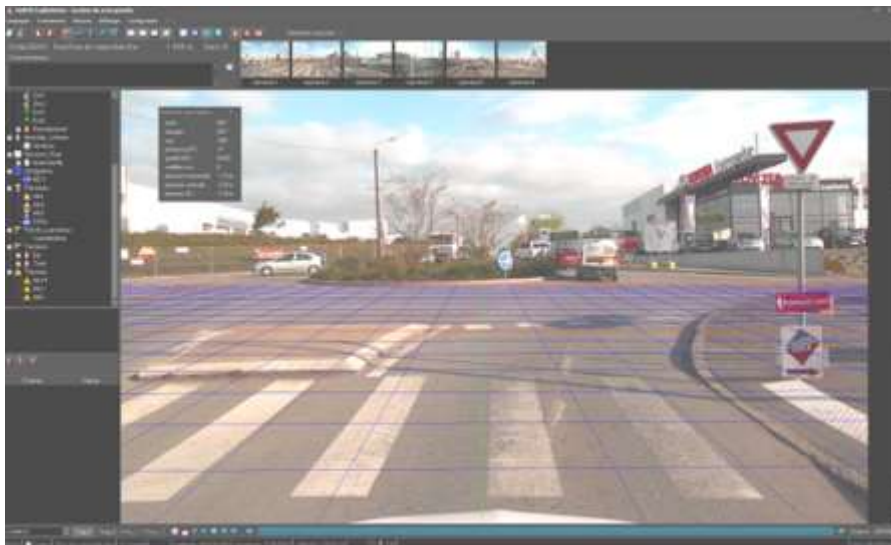


Figura 7: Calibración del campo de visión

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 progresivado 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),



Figura 8: Tableta táctil WiFi–Notebook conectada a la interfase Web del sistema de adquisición

- 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 (6 cámaras sincronizadas).

5.2. EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS

Un software de tratamiento de datos permite realizar el inventario y la explotación de alto nivel de datos viales. Constituye una base de datos que puede servir de interfase informática hacia los sistemas de información geográficos o sistemas de gestión vial desarrollados por los encargados del gerenciamiento de la red vial correspondiente.

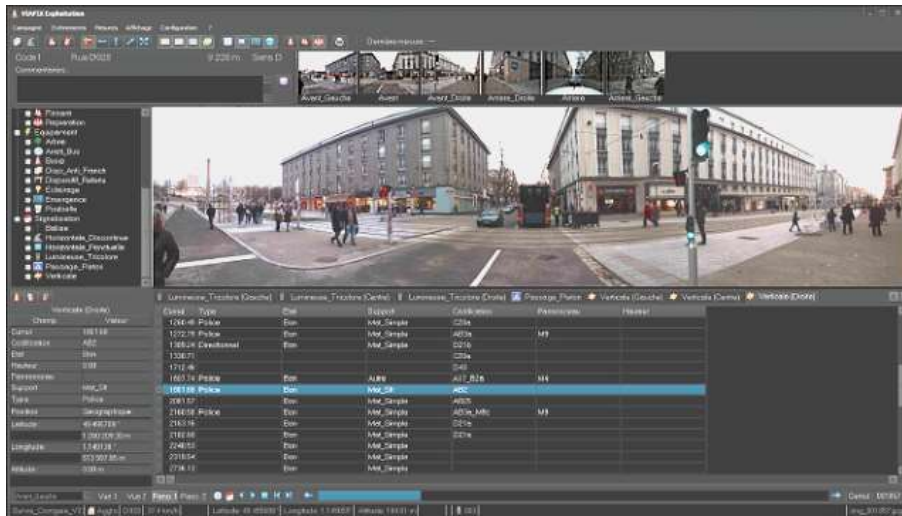


Figura 9: Base de datos de inventario vial

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

- Crear un progresivado absoluto,
- Consultar las imágenes en vista simple o panorámica,
- Realizar mediciones sobre las imágenes en las tres dimensiones (largo, ancho y de altura) y de superficie (ejemplo, baches o demarcación horizontal)
- Realizar el inventario del patrimonio vial, configurando e ingresando eventos, creando una base de datos de Inventario. Bibliotecas integradas por áreas temáticas.
- Posicionar geográficamente cada elemento señalado en las imágenes.
- 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.



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

Figura 10: Software de post-tratamiento de datos

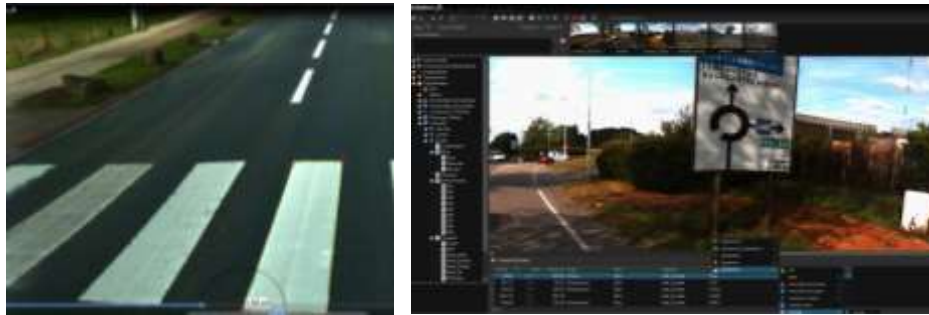


Figura 11: Mediciones de longitudes, superficies y alturas sobre las imágenes



Figura 12: Exportación de traza y objetos inventariados hacia otras aplicaciones



Figura 13: Biblioteca integrada por área temática. Ejemplo: señalización vertical

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)
- Relevamiento automático de la señalización horizontal y vertical
- Ingreso de datos en modo colaborativo
- Ambiente multi-idioma



Figura 14: Integración gráfica de indicadores, ejemplo: características geométricas

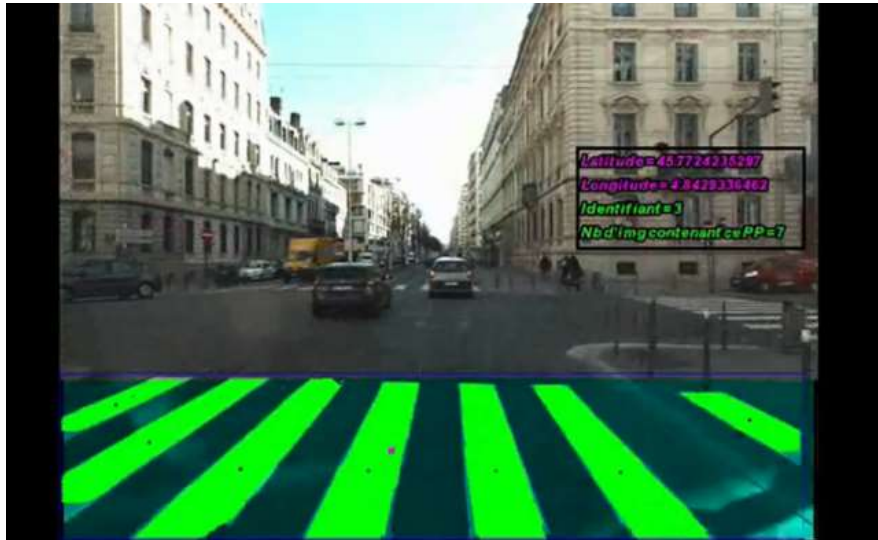


Figura 15: Detección automática de la señalización horizontal

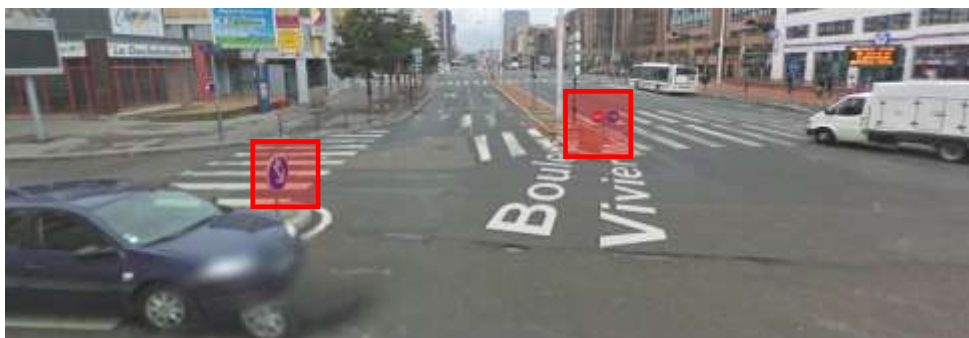


Figura 16: Detección automática de la señalización vertical





Figura 17: Geo-localización de la señalización vertical sobre una ortofoto

Con formato: Fuente: (Predeterminado) Arimo

Resumen de funciones del software de explotación o post-tratamiento de datos:

FUNCIÓN	RESULTADO
TELETRANSMISIÓN	Generación de la base de datos a partir de los datos de campo
BIBLIOTECA	Parametrización de la biblioteca de eventos
VISUALIZACIÓN	Navegación inmersiva en vista simple o panorámica
INSERCIÓN DE PUNTOS DE REFERENCIA	Posicionamiento curvilíneo
INVENTARIO - RELEVAMIENTO	Patrimonio / Inventario Vial – Relevamiento de objetos y eventos
MEDICIÓN	Mediciones en la imagen
POSICIONAMIENTO	Geo localización en la imagen
SECCIONES REFERENCIALES	Creación de un referencial absoluto
CARTOGRAFÍA	Representación y localización
POST-TRATAMIENTO	Producción de indicadores
AUTOMATIZACIÓN DE RELEVAMIENTOS	Inventario automático de la señalización vertical y horizontal por tratamiento de imágenes
IMPORTAR	Integración de datos GIS externos
EXPORTAR	Generación de capas GIS – Producción de imágenes panorámicas - Incrustación

6. NUEVO CONCEPTO MULTIFUNCIÓN

Con el fin de comprometerse en un proceso de caracterización de la red vial y de planificación de tareas de mantenimiento, en un contexto económico no del todo favorable, los responsables de la gestión vial necesitan soluciones de adquisición de datos modernas, livianas, modulares y performantes, adaptadas a diferentes tipos de redes viales, destinadas a:

- Recolectar los datos útiles, sobre la base de una auscultación de pavimentos y con conocimiento de la historia constructiva y de mantenimiento aplicada sobre cada tramo de su red vial
- Tratar esta información en una base de datos y un Sistema de Información Geográfica
- Elaborar un “Plan de mantenimiento”, que se transforma en un “Plan de inversión”

A partir de la solución de Video y Mapeo Móvil descrita, es posible agregar al mismo diferentes funcionalidades adicionales de auscultación, según las necesidades de cada caso, transformándolo en un Sistema Multifunción, de tipo modular, evolutivo y versátil. Se trata siempre de una solución portátil y liviana, fácilmente adaptable a múltiples contextos y necesidades. La solución técnica innovadora reúne performance, ergonomía y diseño; es robusta y totalmente modular. Basada sobre una arquitectura multi-interfases y multi-protocolo, el sistema es evolutivo y adaptable a las nuevas necesidades. La unidad central (controlador microelectrónico), de bajo consumo y reprogramable, ofrece funcionalidades y capacidades excepcionales en el dominio de la adquisición de datos dinámicos a partir de un sistema en movimiento.

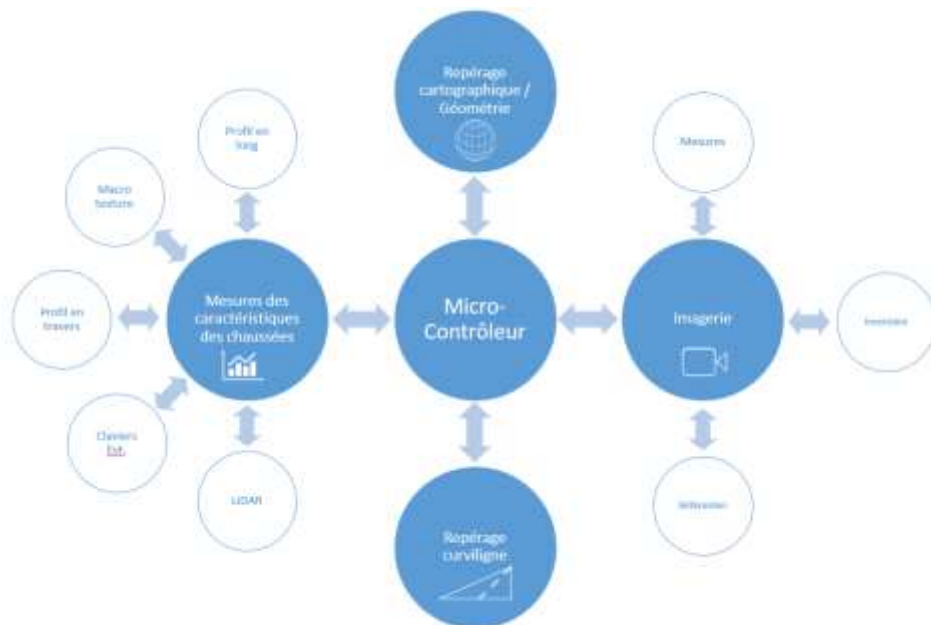


Figura 18: Concepto Multifunción

Algoritmos especiales transforman los valores brutos de los sensores en indicadores geolocalizados, representativos del estado del estado de las calzadas.

Para la explotación, la base de datos GIS permite plantear estrategias de mantenimiento del patrimonio vial objetivas y basadas en datos confiables y precisos.



Figura 19: Ejemplos de Multifunción: Regularidad Longitudinal (IRI) y macrotextura agregados al Sistema



Figura 20: Ejemplos de Multifunción: Perfil transversal (ahuellamiento) con LiDAR agregado al Sistema

Un software de explotación de los datos de campo amigable y potente es el corazón de la solución. Permite la producción de datos en forma automática o semi automática.



Figura 21: Ejemplos de explotación de datos e integración gráfica de indicadores (IRI)

Las funciones que son posibles incorporar al Sistema Multifunción, son en principio, las siguientes:

FUNCIÓN	SENSOR	DATOS
---------	--------	-------

IMÁGENES PANORÁMICAS	Sistema multi-cámaras digitales	Campo visual panorámico calibrado (180° o 360°)
GEO REFERENCIAMIENTO	Receptor GNSS	Referencial geográfico -Cartografía
REFERENCIAMIENTO CURVILÍNEO	Odómetro	Referencial lineal (PR+abscisa)
CORRECCIONES DIFERENCIALES	SBAS - RTK red	Precisión GNSS aumentada
GEOMETRÍA	Central inercial	Geo-orientation de datos: peralte, pendiente longitudinal, radio de curvatura, rumbo
REGULARIDAD LONGITUDINAL	Perfilómetro inercial láser – Una o dos huellas o trazas	IRI (Índice de Regularidad Internacional)Ñ Notas por bandas de ondas NBO – Energías EBO s
PERFIL TRANSVERSAL (AHUELLAMIENTO)	Perfilómetro Laser 3D o LiDAR	Profundidad y ancho de ahuellamientos, radio del ahuellamiento – Deformación total ⁽¹⁾ - Deplaneidad ⁽¹⁾ – Deformación de borde ⁽¹⁾ , Altura potencial de agua ⁽¹⁾ , bombeo ⁽¹⁾ – Cantidad de de material de reperfilado a peralte definido ⁽¹⁾ – Cantidad de material para rectificación del perfil transversal ⁽¹⁾
MACROTEXTURA	Perfilómetro láser	Profundidad Media del Perfil MPD o Profundidad de Textura Equivalente ETP
DEGRADACIONES (FISURACIÓN, PELADURAS, BACHES EXUDACIONES, ETC)	Perfilómetro Láser	Imágenes de superficie 3D en 4 metros de ancho, clasificación automática de fallas

⁽¹⁾ Indicadores globales Geometría / Perfil transversal

7. CONSIDERACIONES FINALES

- Se ha presentado un moderno sistema que facilita la ejecución de tareas de Inventario Vial, Auditorías de Seguridad Vial tanto en zonas urbanas como interurbanas, en forma automatizada.
- El objetivo es producir una mejora sustancial en lo que respecta a objetividad, precisión, rendimiento y seguridad, en la producción y administración de información para la gestión de pavimentos.
- El Sistema de Video y Mapeo Móvil presentado ofrece una alta capacidad en la localización geográfica de eventos. Gracias a su sistema de Navegación Híbrida, brinda gran precisión al posicionamiento de los datos en tiempo real y posibilita la determinación dinámica de la posición en caso de interferencias en la recepción satelital del GPS. Este aspecto es de gran importancia en sitios con obstáculos como zonas urbanas, montañosas o túneles.
- Brinda la posibilidad de hacer inventarios de precisión en base a imágenes panorámicas 180° o 360° (3 o 6 cámaras sincronizadas)
- Dispone de herramientas informáticas versátiles: tratamiento automática de la señalización horizontal y vertical, bibliotecas integradas por áreas temáticas, mediciones sobre las imágenes en las tres dimensiones.
- Posibilidad de evolución hacia un Sistema Multifunción, de tipo modular, evolutivo y versátil, adaptable a múltiples contextos y necesidades.
- Fácil interacción hacia Sistemas de Información Geográficos y/o Sistemas de Gestión de Pavimentos

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Libro blanco del IDRRIM, Yves KRATTINGER, Presidente del Consejo General de Haute-Saône, Presidente del Instituto de Rutas, vías e Infraestructuras para la Movilidad (IDRRIM), Octubre de 2014
- [2] Documento de posición del ERF para el mantenimiento y la mejora de una red vial durable y eficaz, Stefan Gerwens, Presidente del Grupo de Trabajo del ERF, 2014
- [3] “Los métodos y herramientas de gestión del patrimonio”, WASNER, CETE Méditerranée - LRPC d’Aix-en-Provence, Olivier PEREZ, CETE de l’Est – LRPC de Nancy, 2012
- [4] Club Entretien Exploitation Sécurité, COTITA, Nantes, BOURDANE, 2012
- [5] Mezzelani G., Martinez P., “Sistema Integral de Planificación del Mantenimiento de Redes Viales (SIPLAM)”, XXXV Reunión del Asfalto, Rosario, Argentina, Noviembre, 2008
- [6] Mezzelani G., Martinez P y Muzzulini, J. “Inventario vial automatizado empleando un equipo multifunción” XXXIV Reunión del Asfalto, Mar del Plata, Argentina, Noviembre 2006

- [7] Mezzelani G., "Design, assembly and initial operation of a multifunction device for pavement and road safety condition monitoring in Argentina", Pavement Evaluation Conferences 2010, Roanoke, Virginia, USA, Octubre de 2010.
- [8] Zelaya Félix, Amarilla Daniel, Ginestar Ariel, Mezzelani Gustavo, Martinez Pablo J, Troche Amílcar, "Desarrollo e implementación de un Sistema de Planificación y Gestión Vial del Paraguay", XVIII Congreso Latinoamericano del Asfalto CILA, Bariloche, Argentina, Noviembre 2015