

Hacia la integración gráfica de los sistemas de gestión de explotación de carreteras

Antonio M. Martínez Menchón

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado
Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia
Servicio de Conservación y Explotación*

Daniel Caballero Quirantes

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado
Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia
Servicio de Conservación y Explotación*

Juan José Montijano Garzón

*Consultor especialista en inventarios de carreteras y
Sistemas de Información Geográfica*

La mayoría de los organismos públicos que gestionan bases de datos geográficas, tanto a nivel estatal (Confederaciones Hidrográficas, Mancomunidad de los Canales del Taibilla, Catastro, etc.), como aquellos pertenecientes a comunidades autónomas, ofrecen en la actualidad servicios WEB que consisten fundamentalmente en la gestión gráfica de capas de información a través de un visualizador de mapas con el fin de facilitar el acceso a las bases de datos, especialmente en lo que se refiere a políticas de medio ambiente o actuaciones que puedan incidir en él, tal y como se recoge en la directiva INSPIRE (2007) y su transposición al ordenamiento jurídico español, la LISIGE (2010), que establecen el marco legal para la creación de infraestructuras de información geográfica (IDE).

La información que gestionan los Servicios de Conservación y Explotación de las Demarcaciones de

Carreteras es cada vez mayor tanto en cantidad como en variedad, motivado en gran parte por los datos que suministran los inventarios de los sistemas de gestión y las mejoras tecnológicas que se están produciendo día a día en este sector de la construcción, muchas de ellas incorporadas en los pliegos de prescripciones técnicas particulares de los contratos de conservación integral del Ministerio de Fomento.

La Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia utiliza SIGex como herramienta de integración geográfica de los diferentes sistemas de gestión de explotación de carreteras.

Apostar por este tipo de herramientas permite ofrecer información general al usuario de la carretera y, lo que es más importante, constituye un entorno de trabajo común para el personal propio de la Administración y empresas de conservación integral.

1. Clasificación de los sistemas de gestión

En el esquema que se adjunta en la Figura 1, se han estructurado las actividades de explotación en los cuatro grandes bloques que define el Reglamento General de Carreteras, y se han diferenciado por colores las herramientas de apoyo a la gestión que dependen de los servicios centrales del Ministerio o de las Demarcaciones.

Cada una de estas herramientas de apoyo a la explotación genera una gran cantidad de información, bases de datos y archivos gráficos, que muchas veces se alojan en plataformas WEB, otros en soporte informático tipo CD o memoria USB y a otros se accede únicamente a través de equipos informáticos ubicados en los centros de conservación, de modo que no existe ningún tipo de integración entre ellos, siendo muy difícil en muchos casos la consulta, el procesamiento y el filtrado de los datos.

Por otro lado, existen otras fuentes de información que también suministran capas que alimentan los sistemas geográficos de información, algunas específicas de carreteras y otras de carácter general como pueden ser:

- Estudios específicos realizados por la Dirección General de Carreteras, como es el caso de los Mapas Estratégicos de Ruido, en los que se disponen de bases de datos georreferenciadas con diversas capas temáticas.
- Ficheros gráficos de trazados de diferentes tramos de carreteras en fase de construcción o proyecto.
- Capas que provienen de enlaces a plataformas de datos espaciales de otras administraciones, como son los ortofotogramas digitales (ortos) del plan PNOA (Plan Nacional de Ortofotogrametría Aérea).
- Deslindes de ramblas, estudios de inundabilidad, inventarios de cauces y cuencas.
- Parcelario de catastro.
- Capas de información medioambiental: Lics, ZEPAs, Red Natura 2000.

2. Datos de partida y necesidades existentes

2.1. Cartografía base

Existe una gran cantidad de servicios WEB que ofrecen mapas generales de carreteras, la mayoría de ellos enfocados a un uso como capa base en las aplicaciones de navegación para GPS, como son los mapas de Google o Bing, pero también existen servicios proporcionados por administraciones públicas, como Cartociudad o los proporcionados por las distintas comunidades autónomas. Por último, podemos citar el proyecto *OpenStreetMap* que ofrece una cartografía generada por los propios usuarios, similar a Wikipedia.

La ventaja principal de utilizar cualquiera de estos servicios es disponer de una cartografía razonablemente actualizada y de cobertura en

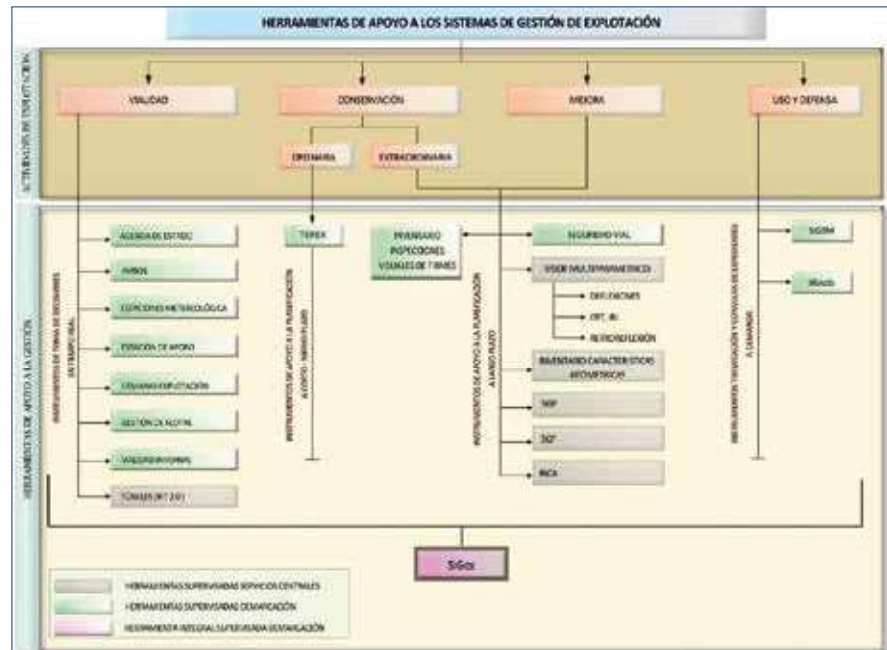


Figura 1. Esquema general de las herramientas de apoyo a los sistemas de gestión de explotación

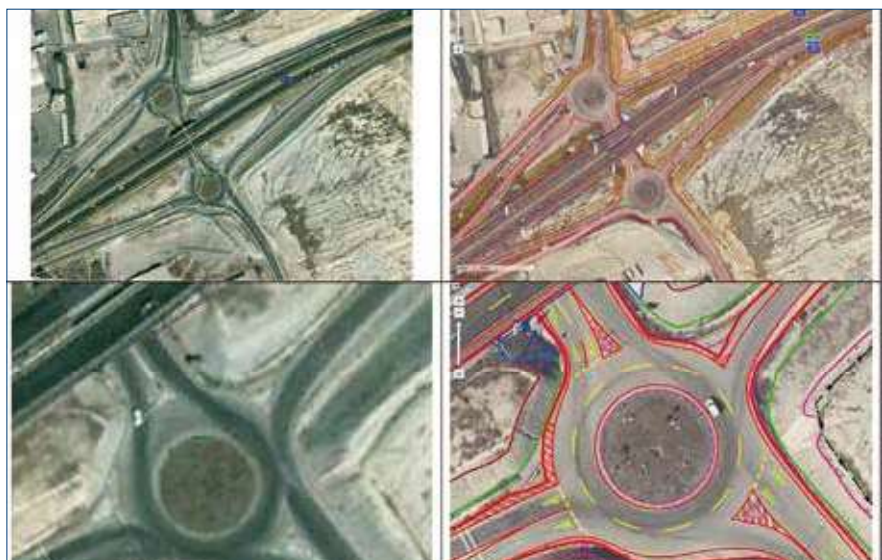


Figura 2. Comparativa de cartografía base y orto entre Google Maps (izquierda) y SIGex (derecha). Las imágenes de la parte superior están a escala 1:1000 y las de la parte inferior a 1:250

todo el territorio nacional sin esfuerzo y, en la mayoría de los casos, sin coste económico.

El mayor inconveniente que tienen es la ausencia de control sobre los mismos, no siendo fácil la corrección de errores. Además, la precisión de la cartografía es baja, son frecuentes los errores en la ubicación de los puntos kilométricos (sobre todo después de una rekilometración o de una remodelación de un enlace) y simplifican la representación de las carreteras a una única línea para cada calzada. Algunos servicios comerciales tienen además

limitaciones de uso, estableciéndose cuotas anuales para su utilización comercial.

Como ejemplo de lo anterior en la Figura 2 se muestra un comparativo entre la aplicación SIGex superponiendo cartografía 1:1000 y orto con el servicio de mapas ofrecido por Google Maps.

2.2. Gestión, consulta y visualización gráfica de capas

Esa diversidad en las fuentes de datos debe integrarse en una herramienta intuitiva y de rápido acceso,

Rutas Divulgación

que sea capaz de mostrar toda la información existente en cualquier tramo de la red de carreteras mediante un sencillo proceso de activación o desactivación de capas gráficas.

De esta manera se podrán relacionar, por ejemplo, los accidentes acaecidos con las características geométricas de la vía, los planes urbanísticos con los mapas de ruido y el catastro, las propuestas de actuación en firmes con los datos de auscultaciones, co-

nocer la acumulación de elementos del inventario en un radio de acción dado o la acumulación de deterioros superficiales de los firmes.

Para facilitar la visualización de los datos representados en los mapas es necesaria una selección de la información que se quiere mostrar en función del nivel de zoom. A pequeñas escalas interesa representar los valores de forma agrupada según una tolerancia (concentración).

Por el contrario para grandes escalas nos interesa posicionar los elementos longitudinal y transversalmente con precisión.

En la Figura 3 se muestra la representación en SIGex a diferentes escalas de un elemento del inventario con multitud de registros, como es el caso de la señalización vertical, cuyas cuantías por sectores se resumen en la Tabla 1:

A escala 1:400 000 se visualiza a nivel de toda la Región de Murcia la concentración de señales; en la capa base se han activado los términos municipales, la RCE en Murcia y los sectores de conservación integral. Realizando el encuadre marcado se obtiene el siguiente salto de escala, 1:50 000, en el que se densifica la toponimia y los contornos de poblaciones. A la escala 1:6000, aparece la planimetría de un tramo de autovía entre dos enlaces. En la escala 1:2000 se representan los iconos de las señales con su ubicación y su orientación, aspectos esenciales para este tipo de elementos del inventario. Finalmente, en la escala 1:500 se superpone la ortofotografía del año 2009, permitiendo incluso el replanteo de cualquier elemento.

El acceso directo a los datos representados en las capas que están activas debe ser directo pinchando en pantalla. De esta manera se pueden consultar cualquier campo del registro de la base de datos.

2.3. Geoposicionamiento y representación con formas topológicas.

La asignación de coordenadas a cualquier registro de una base de datos es el primer paso para poder gestionar la información de forma gráfica sobre los mapas. Las tres formas posibles para geoposicionar son las siguientes:

- Asignación de coordenadas en campo con el empleo de GPS.
- Asignación de coordenadas en gabinete mediante digitalización

Sector	MU - 01	MU - 02	MU - 03	MU - 04	TOTAL
Numero de elementos	4832	5057	2888	5072	17 849

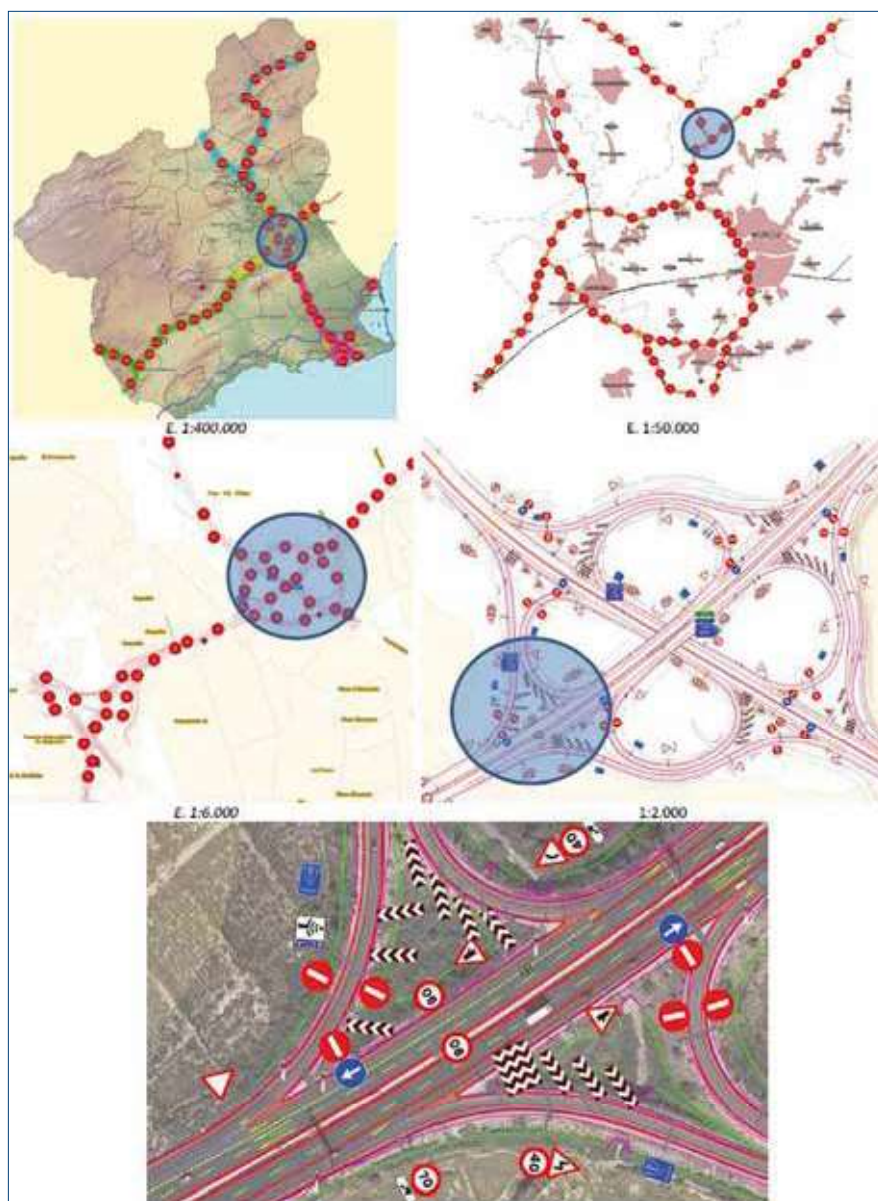


Figura 3. Ejemplos de visualización de información gráfica en función del nivel de zoom en SIGex del inventario de señalización vertical de la RCE en Murcia



Figura 4. Representación gráfica del inventario de bajantes en un enlace empleando elementos lineales



Figura 5. Representación gráfica del inventario de taludes empleando elementos superficiales tipo polilínea cerrada para delimitar el perímetro

gráfica sobre cartografía base u ortofotomapas.

- c) Asignación de coordenadas a partir del punto kilométrico, hectométrico y distancia del borde de la calzada de la carretera. Esta forma es la que menos precisión ofrece puesto que requiere el disponer de una base de datos de puntos kilométricos y hectómetros con suficiente precisión. En caso de rekilometraciones de carreteras también genera problemas y modificaciones en la base de datos.

En este proceso es esencial tener en cuenta la topología espacial de la información que se quiere representar. Podemos tener elementos de carácter puntual, definido a partir de sus coordenadas, como puede ser el inventario de señales, las autorizaciones concedidas, los accidentes o los valores de un determinado parámetro de auscultación del firme, como el CRT.

Existen registros de bases de datos que tienen topología lineal, definido a partir de las coordenadas de los puntos que definen dicha línea, como pudiera ser el inventario de elementos de contención, cunetas o juntas de dilatación (Figura 4).

También hay que considerar que algunos de los elementos lineales pueden tener sentido, como es el caso de las cunetas.

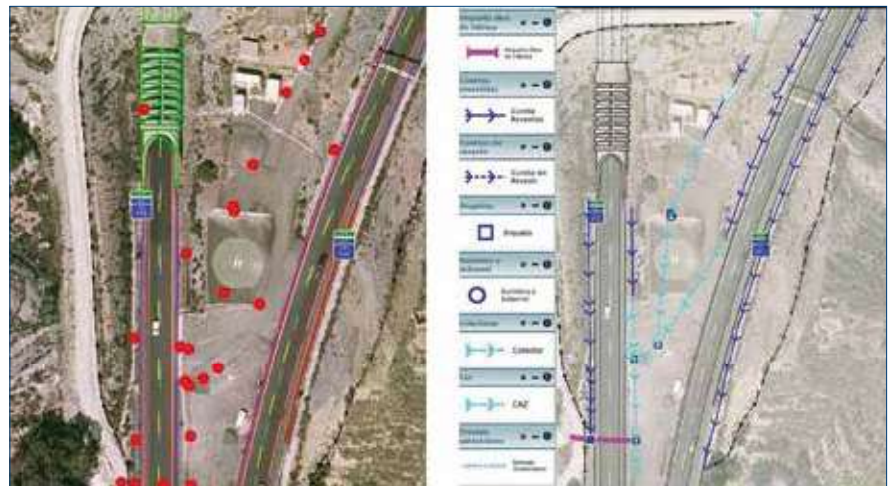


Figura 6. Comparativa de representación gráfica del inventario de drenaje empleando elementos puntos con coordenadas (izquierda) y elementos con topología espacial (derecha), que es similar al de un plano de planta de drenaje



Figura 7. Interfaz de usuario de SIGex

Rutas Divulgación

Finalmente está el caso de los elementos que tienen extensión superficial, definidos por una poligonal cerrada, como son el perímetro de los puentes, zonas a segar o los taludes (Figura 5).

En la Figura 6 se muestra una comparativa de representación gráfica del inventario de elementos de drenaje de la explanada Sur del Túnel de Lorca (Murcia) mediante el

empleo de puntos posicionados con GPS (izquierda) y el empleo de las siguientes topología espaciales sobre SIGex:

- Arquetas, sumideros e imbornales: puntual
- Cunetas, caz, colector y drenes: lineal
- Pequeña obra de fábrica: superficial

3. SIGex como herramienta integradora

Desde 2012 se viene empleando la plataforma SIGex (Sistema de Información Geográfica de Explotación de Carreteras) como herramienta gráfica integradora de los diferentes sistemas de gestión en la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia.

La aplicación se encuentra alojada en la página oficial de la Demarcación (www.rcemurcia.com), siendo recomendable su visualización con los exploradores Mozilla Firefox o Google Chrome.

El interfaz de usuario tiene tres zonas claramente diferenciadas (Figura 7):

- Menú de opciones en la izquierda, en la que se han incluido todas las herramientas para gestionar capas, localización de tramos de carretera, dibujo y edición e impresión de planos.
- Ventana gráfica central en la que se representan las capas temáticas, con indicación de la escala.
- Menú de gestión de capas activas, en la que se pueden ordenar, desactivar y obtener información y leyendas de las mismas.

Las principales utilidades de la aplicación son:

1. Posicionamiento geográfico de cualquier punto de la red, a partir de su p.k. o de las coordenadas UTM.
2. Consulta gráfica de mapas temáticos sobre cualquier base geográfica: cartografía, ortofotomapas, fotografías de satélite, etc.
3. Representación selectiva de bases de datos en función del nivel de escala de la ventana gráfica.
4. Medición gráfica de elementos lineales o superficiales.
5. Edición, etiquetado y rotulación de planos: dibujar puntos, líneas y polígonos; imprimir planos con un cajetín normalizado.

En la Tabla 2 se desglosan los metadatos integrados en SIGex a fecha de julio de 2014.

Grupo	Capas	Sistema de gestión	Topología espacial datos
Uso y defensa	Autorizaciones	COEX	Puntual
	Sancionadores	COEX	Puntual
	Publicidad	COEX	Puntual
	Expropiaciones	PPO	Superficial
	Líneas de protección	COEX	Lineal
	Cesiones de travesías	COEX	Lineal
	Titularidad de enlaces	CORA	Superficial
Inventario de elementos de la GSM	Señales verticales	COEX, InCa	Puntual
	Juntas de dilatación	COEX, SGP	Lineal
	Carteles	COEX	Puntual
	Cuneta revestida	COEX	Lineal
	Cuneta sin revestir	COEX	Lineal
	Talud	COEX	Superficial
	etc.		
Sistema de gestión de firmes	Auscultaciones (CRT, deflexiones, etc.)	Dirección Técnica	Puntual
	Inspecciones visuales	COEX	Puntual
Sistema de gestión de puentes	Inventario SG	SGConservación	Superficial
	Inspecciones principales	SGConservación	Puntual
	Inspecciones básicas	COEX	Puntual
	Inspecciones especiales	SGConservación	Puntual
Seguridad vial	Accidentes	Arena	Lineal
	Tramos de alta siniestralidad	SGExplot. y Gest. R.	Lineal
	IP, IM	SGExplot. y Gest. R.	Superficial
Tráfico	Cámaras	COEX	Imagen
	Estaciones de aforo	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	IMD	SGExplot. y Gest. R.	Lineal
Inventario de características geométricas	Radios de curvaturas	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Peraltes	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Pendientes	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Secciones características	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Fotografías	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
Instrumentos de toma de decisiones	Agenda de estado	COEX	Puntual
	Deterioros de vialidad	COEX	Puntual
	Tele-ruta	SGExplot. y Gest. R.	Puntual
	Estaciones meteorológicas	COEX	Puntual
	Seguimiento de flotas por GPS	COEX	Puntual
Gestión de propuestas de actuación	Actuaciones propuestas	COEX	Puntual, lineal o superficial
	Actuaciones aceptadas	COEX	Puntual, lineal o superficial
	Actuaciones puestas en servicio	COEX	Puntual, lineal o superficial

4. Requerimientos técnicos para su implantación

SIGex está desarrollado utilizando tecnologías libres: Postgres (y Postgis) para la base de datos, Map-server como servidor de mapas y OpenLayers para la visualización de los mapas en interfaz web, no requiriendo por tanto el pago de licencias de uso.

El servidor en el que se encuentra alojado dispone de la siguiente configuración:

- Procesador Intel Xeon 4 núcleos (8 threads).
- Memoria RAM 64 GB.
- Disco duro 2x 2TB.
- Ancho de banda garantizado 500 Mb.

En este servidor además de SIGex están alojados, en distintas máquinas virtuales, otros servicios de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia: SIGUDA, GESPRO, etc., así como la propia página WEB.

La implantación de SIGex dependerá del resto de aplicaciones con las que se pretenda conectar, al ser un visualizador de mapas procedentes de diferentes bases de datos e inventarios. Como mínimo, es indispensable disponer de una cartografía base homogeneizada en capas a una escala recomendada 1:1000, para conseguir un zoom máximo 1:250, que da una buena precisión de posicionamiento geográfico, y una base de datos de coordenadas de puntos kilométricos de la red. A partir de estos elementos pueden ir implantándose el resto de funcionalidades de la aplicación.

Algunas de las capas de metadatos pueden incorporarse de forma casi automática (con una carga de trabajo muy baja) como son: inventario de características geométricas (radios, peraltes, pendientes, fotografías), relieve, hidrografía, medioambiente, etc. Otras capas requieren un tratamiento informático

más laborioso, sobre todo si se trata de información en tiempo real como son el posicionamiento GPS, las estaciones meteorológicas, etc.

5. SIGex sobre dispositivos Tablet

La utilización de dispositivos tableta está totalmente extendida como herramienta de navegación y posicionamiento por GPS en nuestra vida cotidiana. Desde hace tres años se vienen empleando en la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia para la toma de datos de campo del inventario de elementos (TEREX GSM), tanto en la fase de inventario como en las inspecciones para los reconocimientos de estado.

Existe una versión optimizada de SIGex para tableta, permitiendo su utilización como herramienta de consulta en el día a día del trabajo de campo en carretera, ya que con posicionamiento GPS activado permite



Figura 8. Representación del inventario de inspecciones visuales de firmes, incluyendo el indicador de estado, obtenido a partir de la naturaleza del deterioro, tráfico y prioridad



Figura 9. Consulta gráfica sobre SIGex de una estructura del SGP, reflejando documentación gráfica y su posicionamiento sobre la cartografía

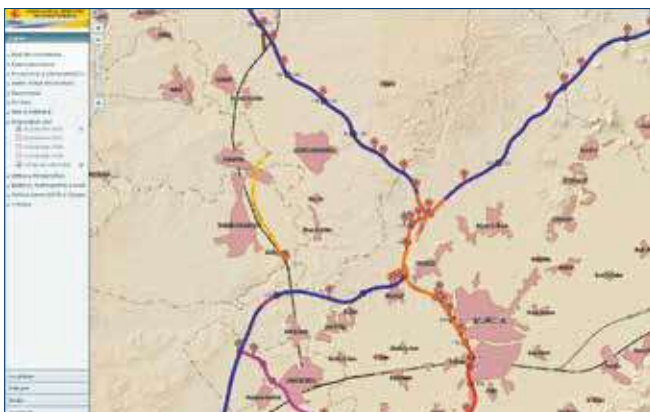


Figura 10. Superposición de la capa límite de velocidad legal señalizada y los accidentes con víctimas del año 2012



Figura 11. Consulta gráfica sobre SIGex de una banderola de señalización, en el que se muestra la ficha del elemento y su posición y orientación sobre la cartografía



Figura 12. Aspecto de la versión tableta de SIGex



Figura 13. Aspecto de la pantalla de preinspección de señalización vertical sobre tableta de SIGex

localizar con precisión cualquier elemento gráfico: señal, bajante, deterioro de firme, tramo de CRT, etc.

En la campaña de inspecciones nocturnas de señalización vertical correspondiente al año 2014, esta herramienta ha sido muy útil a las empresas de conservación integral para preseleccionar en campo las señales que no disponían de suficiente retroreflexión, facilitando la programación anual de sustitución de señales (Figura 13).

6. Conclusiones

La Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia ha desarrollado SIGex con el fin de disponer gráficamente de toda la información sobre el estado de la carretera y sus elementos de una forma accesible e integrada. De este modo se facilita la localización de puntos, tramos o áreas en los que se concentra cierta información, permitiendo tomar decisiones de forma más eficaz, optimizando la asignación de recursos y facilitando la programación de operaciones de conservación. El objetivo último de esta herramienta debe ser la mejora de la seguridad vial de la carretera.

SIGex está desarrollado mediante la personalización de software libre (base de datos, servidor y visualizador de mapas), que no requiere licencias. Esta premisa ha estado siempre presente durante la elaboración de la aplicación, con el fin de

que esté disponible para todas las Demarcaciones de Carreteras del Estado y para todas las empresas de conservación integral de carreteras que tienen contratos con el Ministerio de Fomento.

Además, permite la posibilidad de que el Ministerio de Fomento ofrezca como titular de la infraestructura, de forma selectiva, información gestionada por la Dirección General de Carreteras a usuarios externos, a través de plataformas de datos espaciales. Tal puede ser el caso de cartografía que sirva de base para la elaboración de estudios o anteproyectos, avisos de Teleruta mostrando las afecciones de obras de construcción o conservación sobre el tráfico, zonas de dominio público, servidumbre, afección y línea límite de edificación disponible para la elaboración de planes urbanísticos, etc.

En definitiva, el objetivo de la aplicación es dotar de una mayor utilidad práctica al conjunto de la información que disponen los Servicios de Conservación y Explotación de las Demarcaciones de Carreteras, tanto para el propio órgano gestor como para las empresas de conservación integral, de modo que redunde en una mejora de los servicios prestados a los usuarios de la carretera.

7. Bibliografía

[1] Real Decreto 1812/94, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

[2] MINISTERIO DE FOMENTO. "Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de los contratos de servicios de asistencia técnica para la ejecución de diversas operaciones de conservación y explotación... Anejo nº 2 (Instrucciones para programación, seguimiento e información)"

[3] MINISTERIO DE FOMENTO (1996) "Sistema de gestión de las actividades de conservación ordinaria y ayuda a la vialidad GSM". Centro de Publicaciones del Ministerio de Fomento.

[4] MINISTERIO DE FOMENTO (2010). "Inventario de Características Geográficas". Dirección General de Carreteras.

[5] VARIOS (2011). "Jornada Técnica sobre el estado actual de los sistemas de información geográfica. Aplicación a la ingeniería civil". Madrid ATC.

[6] PLATAFORMA WEB DE GESTIÓN de la Demarcación de Carreteras del Estado en Murcia (Ministerio de Fomento). <http://www.rcemurcia.com>

[7] DIRECTIVA INSPIRE (2007). "Directiva 2007/2/CE del parlamento europeo y del consejo de 14 de marzo de 2007 por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea".

[8] Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España.

[9] IDE de la Región de Murcia (Cartomur). <http://www.iderm.es>. ❖