

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

SALVADOR HERNÁNDEZ JUAN
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director de Tecnologías Integradas Inzamac

RESUMEN

El hecho de recopilar información sobre una red de carreteras es en sí mismo un beneficio, pues supone un mejor conocimiento que permitirá tomar mejores decisiones técnicas y económicas para su explotación y conservación. La enorme cantidad de datos que se pueden obtener y utilizar ha conducido a que para poder explotarlos hayan surgido los Sistemas de Gestión de Pavimentos. Todavía no está aprovechada al máximo toda la capacidad de explotación de estos datos combinando estos sistemas con un Sistema de Información Geográfica (GIS), quizá por el considerable esfuerzo de programación que esto conlleva. El desarrollo de un GIS no se debe olvidar de la naturaleza de los elementos que queremos analizar, de la base cartográfica y de qué funcionalidades se le piden para explotar la información. El empleo de otras nuevas tecnologías como el video, de modelos digitales del terreno, de imágenes por satélite pueden ser formas no sólo espectaculares de presentación de resultados, sino herramientas de proyecto (pe: visualización de la traza de una carretera encajada en su entorno...).

ABSTRACT

The compiling of data on road networks provides a greater awareness of the same and allows better technical and economic decisions to be taken regarding the use and conservation of our roads. The enormous quantity of information which may be gathered and employed has given rise to the Road Administration System. The possible use of this information, when combined with the Geographical Information System (GIS) has not yet been fully exploited, perhaps due to the considerable programming task that this entails. The development of the GIS should not ignore the characteristics of the elements requiring analysis, the cartographic base and the applications requiring this information. The use of new technologies such as video, digital land models and satellite images serve not only as spectacular presentation devices but also as invaluable design tools (e.g. the visualisation of a road route within its surroundings..).

INTRODUCCIÓN

La conservación y explotación de carreteras es una actividad que en el momento actual está experimentando un importante desarrollo. Las exigencias por parte de los ciudadanos son crecientes respecto a la capacidad, calidad y durabilidad de las infraestructuras de carreteras.

Entre los factores que han provocado el crecimiento de esta actividad destacan el envejecimiento de las redes de carreteras, que hace necesario un aumento de los esfuerzos destinados a la conservación de las redes existentes, y la cuantía de los presupuestos de conservación de infraestructuras.

Estas circunstancias exigen un especial esfuerzo creativo para la estructuración e implantación de nuevas y mejores sis-

temáticas de gestión que permitan dar el salto cualitativo que se demanda. Se trata de mejorar la gestión tradicional por parte de las administraciones de carreteras empleando métodos organizativos más eficaces, que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos empleados y un uso continuado de un modo sencillo de todos los datos controlados.

La recopilación de información sobre la superficie y las condiciones estructurales de las carreteras es un requisito esencial para la gestión eficaz de las redes de carreteras. Permite la valoración de la seguridad, la calidad de rodadura y la capacidad estructural de la carretera, y mediante modelos de comportamiento del firme y de análisis económicos apropiados, el desarrollo de estrategias de gestión para las diferentes categorías de las redes de carreteras.

1. SISTEMAS DE GESTIÓN DE FIRMES

Los sistemas de gestión de firmes (Pavement Management Systems) están adquiriendo gran importancia para los gestores de carreteras, especialmente para la gestión de las redes.

El término Sistema de Gestión de Firmes proviene de finales de los sesenta. La OCDE (París 1987) lo definió de la siguiente forma:

"PMS es el proceso de coordinación y control de un conjunto integrado de actividades cuyo objetivo es la conservación de los firmes, de manera que se consiga el mejor uso posible de los recursos disponibles, es decir maximizando el beneficio para la sociedad."

Estos sistemas permiten identificar, priorizar y programar las intervenciones adecuadas en la red o al nivel de proyecto, basándose en la evaluación del estado de la carretera y en las limitaciones presupuestarias existentes.

Los elementos básicos de un PMS son:

- ▼ datos de entrada (sistema de referenciación, inventario, datos de tráfico, clima, inspección visual, auscultación)
- ▼ Sistemas de análisis (modelos de predicción de comportamiento de los firmes, análisis económicos).
- ▼ Resultados.

La evolución de los PMS está influenciada por los nuevos métodos de construcción, por los mejores equipos de auscultación del estado de la carretera y por las posibilidades que proporciona la informática (bases de datos, métodos de cálculo, sistemas de información geográfica...)

2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La utilización de los sistemas de información geográficos (GIS o SIG) permite explotar al máximo toda la información existente en las bases de datos de los Sistemas de Gestión de Firmes. de una manera gráfica. Estos sistemas no están todavía integrados dentro de los PMS, quizá por el considerable esfuerzo de programación que conlleva el desarrollo de estos sistemas.

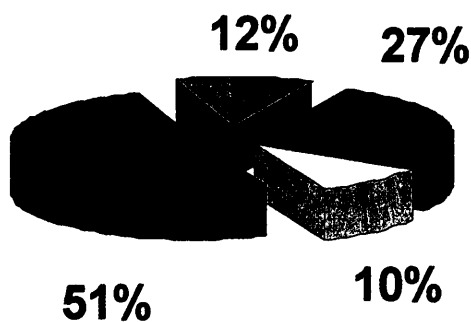


Fig. 1: Importancia relativa de los elementos de un sistema GIS.

Definiciones de GIS

S.I.G. como Sistema Informático.

- ▼ Bosque, 1991: "Una tecnología informática para gestionar y analizar información espacial".
- ▼ Cebrián y Mark, 1986: "Base de datos especializada que contiene información espacial".

S.I.G. como Sistema de Información.

- ▼ NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis), 1990, Vol. 1, pp. 1-3 : "Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida

de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".

- ▼ Angel Arévalo Barroso, Director General del IGN, Catastro 18, 1993: "El SIG es un proyecto (no un producto) que se prepara tras la identificación de las necesidades del cliente y se presenta ante él como anteproyecto de soluciones alternativas, abiertas y de aproximación a la comprensión mutua de su funcionalidad y requisitos".

En esencia el SIG se compone de mapas digitales en formato de CAD (SHP, DGN, DWG, DXF) a cuyos elementos se asocian registros de bases de datos de todo tipo (Access, Dbase, Oracle, etc.).

Basándonos en estas definiciones, se observa que los cuatro elementos que forman un sistema GIS son: Personal, información, hardware y software.

Con un GIS pueden combinarse y reasociarse elementos cartográficos para revelar relaciones, modelos y tendencias de un modo sencillo. Un GIS nos provee de las herramientas necesarias para analizar modelos, localizar eventos, medir distancias entre eventos, encontrar la mejor manera de llegar a un destino y explorar cómo los problemas se relacionan entre sí.

Entre las funciones que debe incorporar un GIS se destacan:

- ▼ *Entrada de información:* conversión de la información geográfica en formato analógico (mapas en papel, fotografías) al formato digital (digitalización).
- ▼ Posibilidad de importación de formatos procedentes de otras aplicaciones.

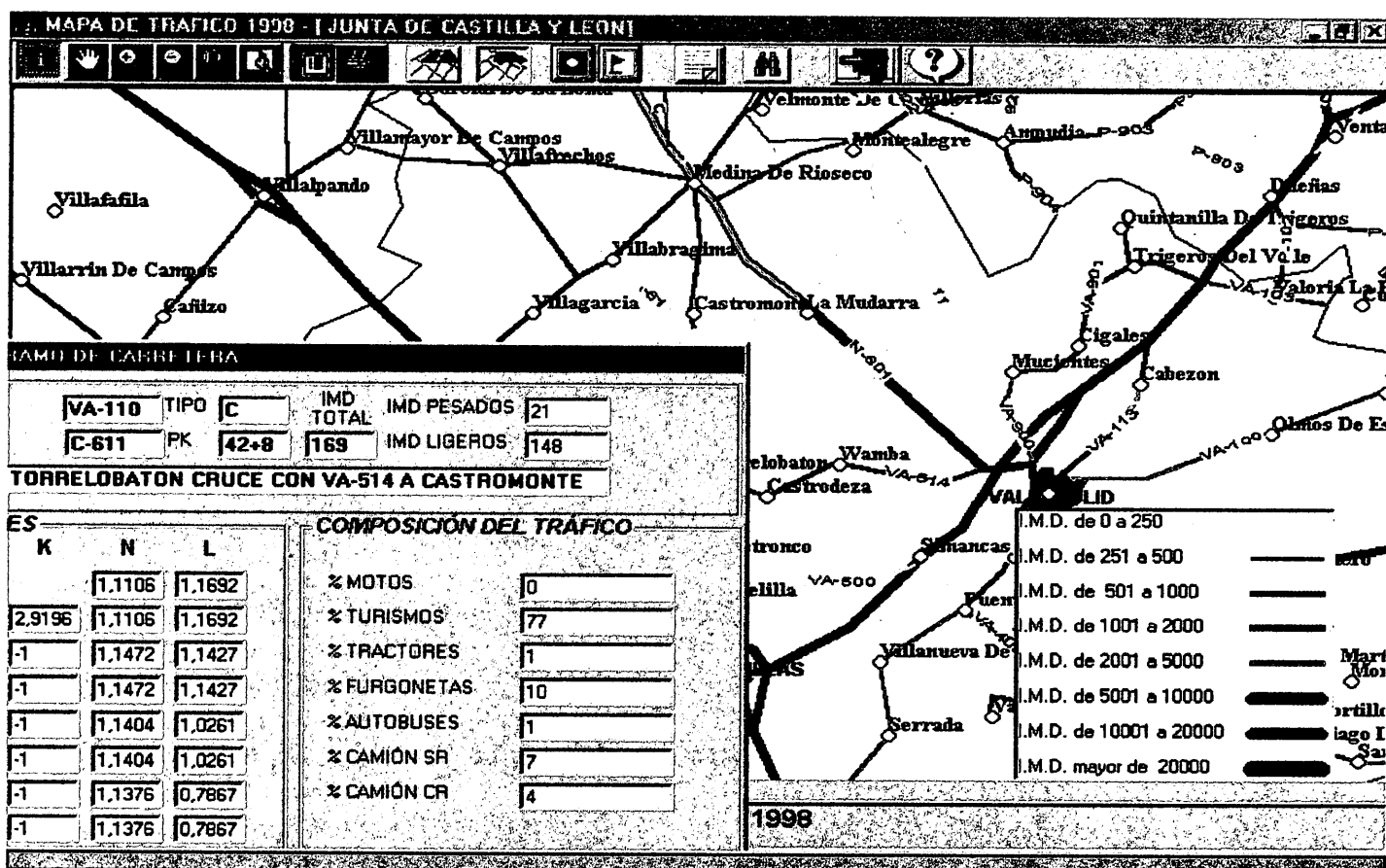


Fig. 2: Mapa de Tráfico de la Junta de Castilla y León de 1998

▼ Representación de la información: mostrar los datos incorporados y el resultado de las operaciones analíticas realizadas sobre los mismos.

▼ Gestión de la información: Capacidad para manipular los datos.

▼ Análisis de la información: procesado de los datos para obtener nueva información a partir de la inicialmente disponible.

▼ Salida de información: impresión de mapas, exportación a otros formatos, listados alfanuméricos.

La información gráfica puede ser almacenada y representada mediante los siguientes tipos de formatos:

▼ Vectorial: los objetos se codifican explícitamente a partir de sus fronteras (límite o perímetro que separa cada objeto de su entorno). Las líneas que actúan de fronteras se representan a partir de las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos que las forman.

▼ Ráster: los objetos quedan implícitamente representados a partir de una matriz de unidades regulares (píxel). La información ráster más típica que se puede encontrar en un

GIS está formada por: fotografías aéreas, imágenes de satélite, mapas digitalizados, Modelos Digitales de Elevaciones, etc.

Ejemplos de desarrollos GI

Aunque existen GIS genéricos que proporcionan algunas herramientas de utilidad (segmentación dinámica, mapas temáticos...), no proporcionan herramientas concretas para todos los problemas que se pueden resolver con un GIS, lo que hace necesario desarrollos específicos.

1. GEOCODIFICACIÓN Y SEGMENTACIÓN DINÁMICA

Una de las principales funciones de un SIG es la posibilidad de georeferenciar y generar información a partir de direcciones postales, carreteras con PK o cualquier otro sistema de georeferenciación que genere de forma automática puntos o líneas con información asociada. Este sistema se basa en la determinación de impedancias (PK, tiempo, longitud, número de policía, etc.) que luego se reflejan en el plano mediante la relación entre éstas y el fichero de rutas.

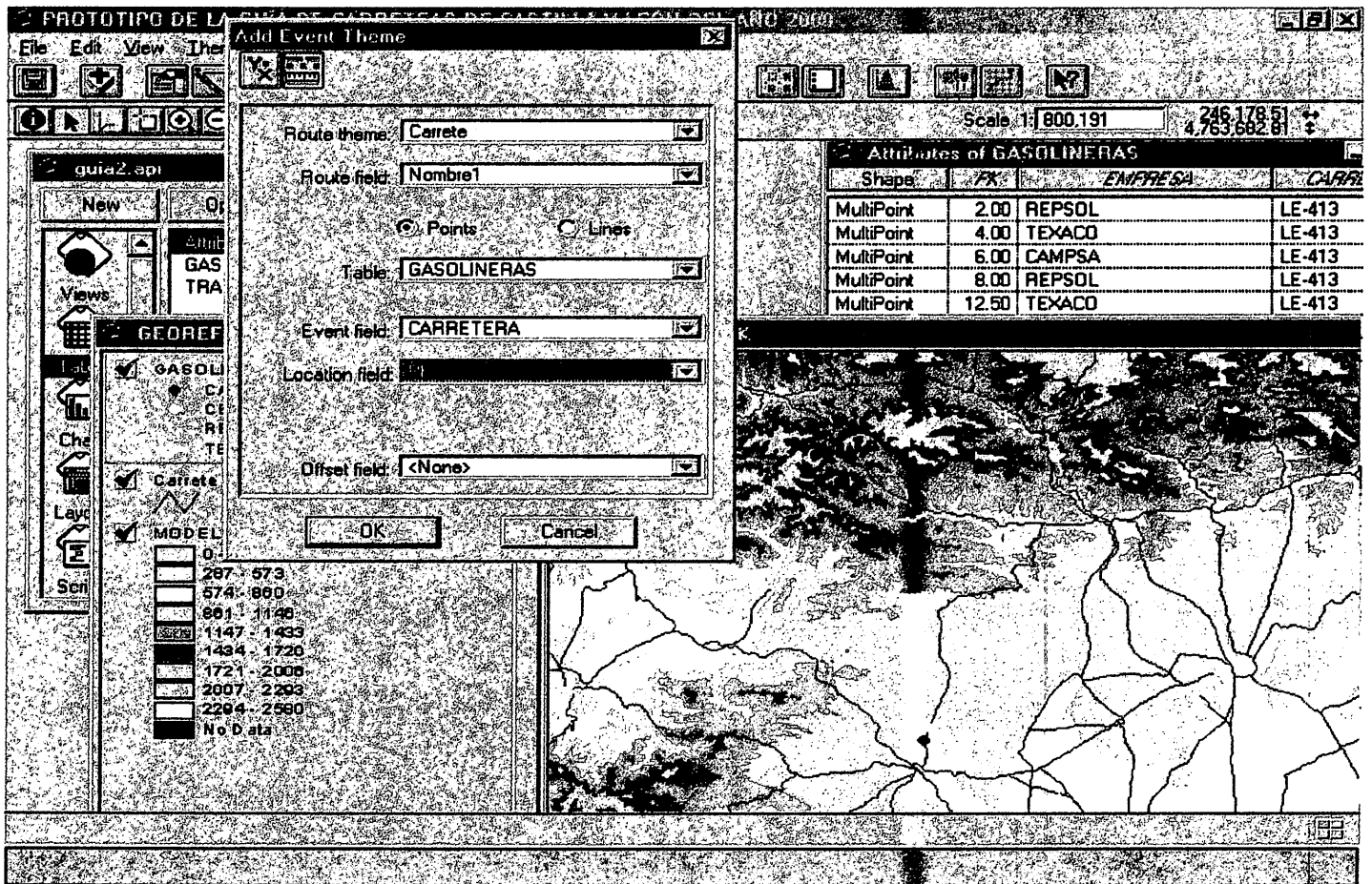


Fig. 3: Ejemplos de geocodificación y segmentación dinámica.

En la figura 3 vemos un proceso de geocodificación con archivos de la red de carreteras de León en los que se ha seleccionado datos por PK y con la denominación de la carretera.

2. GIS APLICADO A VISUALIZACIÓN DE DATOS DE AUSCULTACIÓN

Existen herramientas que proporcionan un nuevo modelo de datos que permite el almacenamiento o la interpolación de datos 3D o impedancias (measures) a cada una de las coordenadas X e Y, bien sean vértices de un polígono, de una línea o puntos aislados.

Amparados en las posibilidades del sistema se puede abordar la tarea de programar el volcado de la información mediante un triple sistema de referenciación:

- ▼ A Referenciación por recorrido del vehículo.
- ▼ B Referenciación con eventos.
- ▼ C Referenciación con GPS.

A. Por recorrido del vehículo

Se debe disponer de ficheros generados por los equipos de auscultación en los que se marcan distancias junto con los valores de auscultación. Esta distancia servirá como referencia para su inclusión en el GIS. Según las explicaciones anteriores, será la distancia que tomaremos como impedancia de la red independientemente de la longitud cartográfica de la misma.

B. Por eventos

El ajuste de la impedancia o de la kilometración real respecto de la kilometración o longitudes cartográficas se puede "depurar" o ajustar mediante la utilización de eventos.

Los eventos son puntos significativos (hitos kilométricos, junta de dilatación, cruce...) del recorrido recogidos manualmente durante la auscultación.

Las múltiples excepciones del sistema (solapes de PK, discontinuidades, repeticiones, etc.) aconsejan que cuantos más

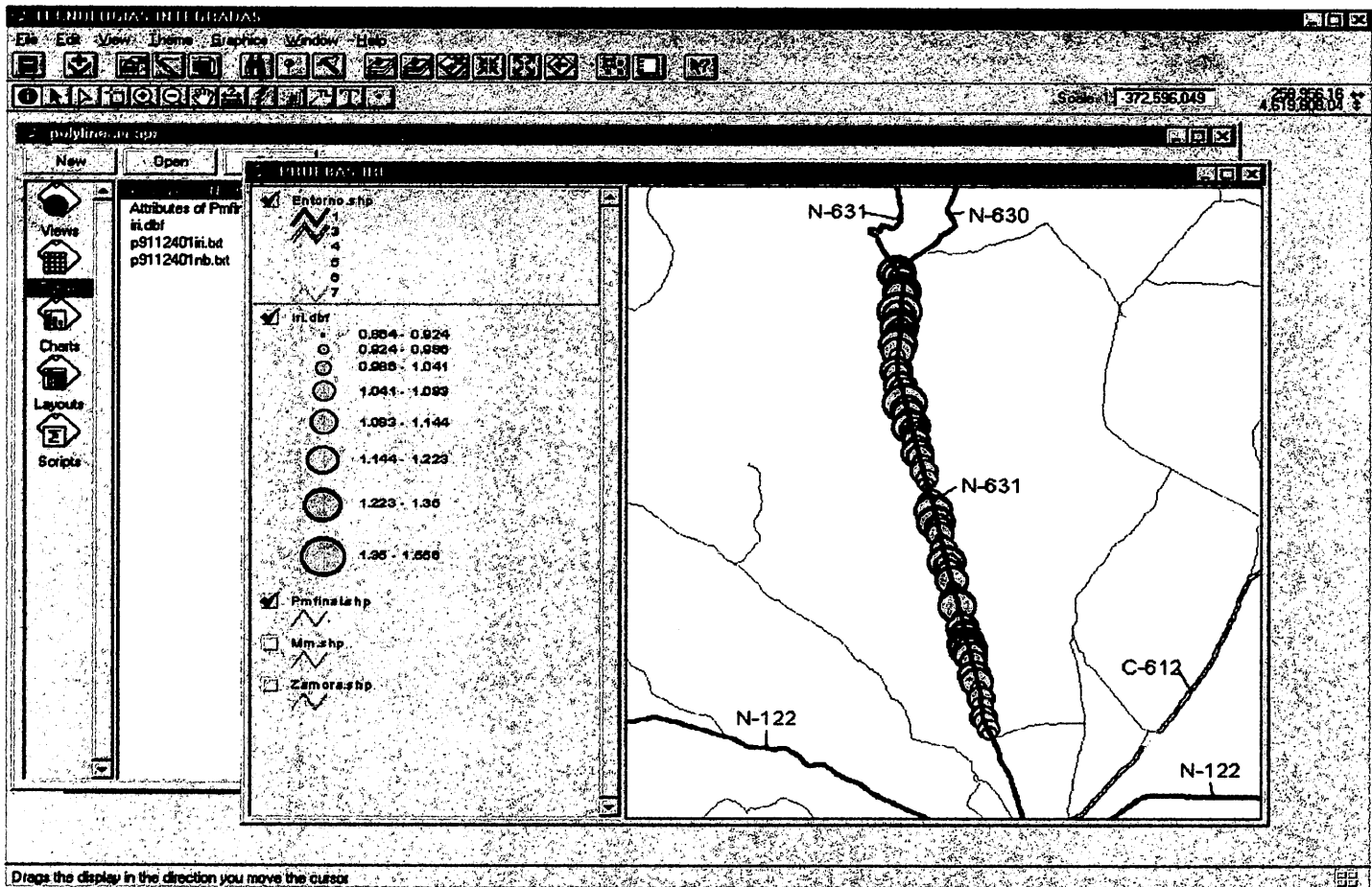


Fig. 4: Ejemplo de representación de un parámetro de auscultación.

puntos se asocian a los eventos mejor ajuste tendrá la georeferenciación de los resultados.

C: Por GPS

Los equipos actuales de auscultación de alta velocidad, suelen disponer de un sistema DGPS (Sistema de Posicionamiento Global con correcciones diferenciales) que tienen una gran precisión (del orden de hasta 1 m en planta). Sin embargo el empleo de la georeferenciación con GPS sigue presentando algunos inconvenientes.

El GPS basa sus datos en una proyección teórica sobre un elipsoide (datum) denominado WGS84. Esta posición se ve condicionada por las correcciones y errores que introduce aleatoriamente el sistema. Además su relación con la cartografía convencional (en Castilla y León normalmente sobre elipsoide de Hayford en el geoide ED50 y USO 30) depende de la precisión de la red geodésica, la densidad y distancia al punto de control que se tome de referencia. Por estas y otras razones, el posicionamiento GPS exigiría la disponibili-

dad de una red de carreteras sobre el elipsoide adecuado (WGS84) o trabajos de posicionamiento topográfico previos al desarrollo de los trabajos. Una vez en estas condiciones se podría proceder a la georeferenciación de los datos, olvidándonos de las impedancias y de las posiciones al origen de las tomas de datos.

Visualización de resultados. Procesos de análisis

Los GIS nos van a permitir en primer lugar clasificar por colores, tamaño o símbolos distintos los múltiples registros de un trabajo de auscultación de carretera.

A partir de una cartografía de base se genera el registro básico (polilínea medida) y se procede a la segmentación dinámica del tramo mediante la inserción de registros cada una distancia fijada de forma automática. El resultado es un fichero gráfico de puntos con la información alfanumérica de los valores de un parámetro de auscultación.

Además de la representación, el GIS nos permite realizar análisis de elementos positivos, es decir, seleccionar para su

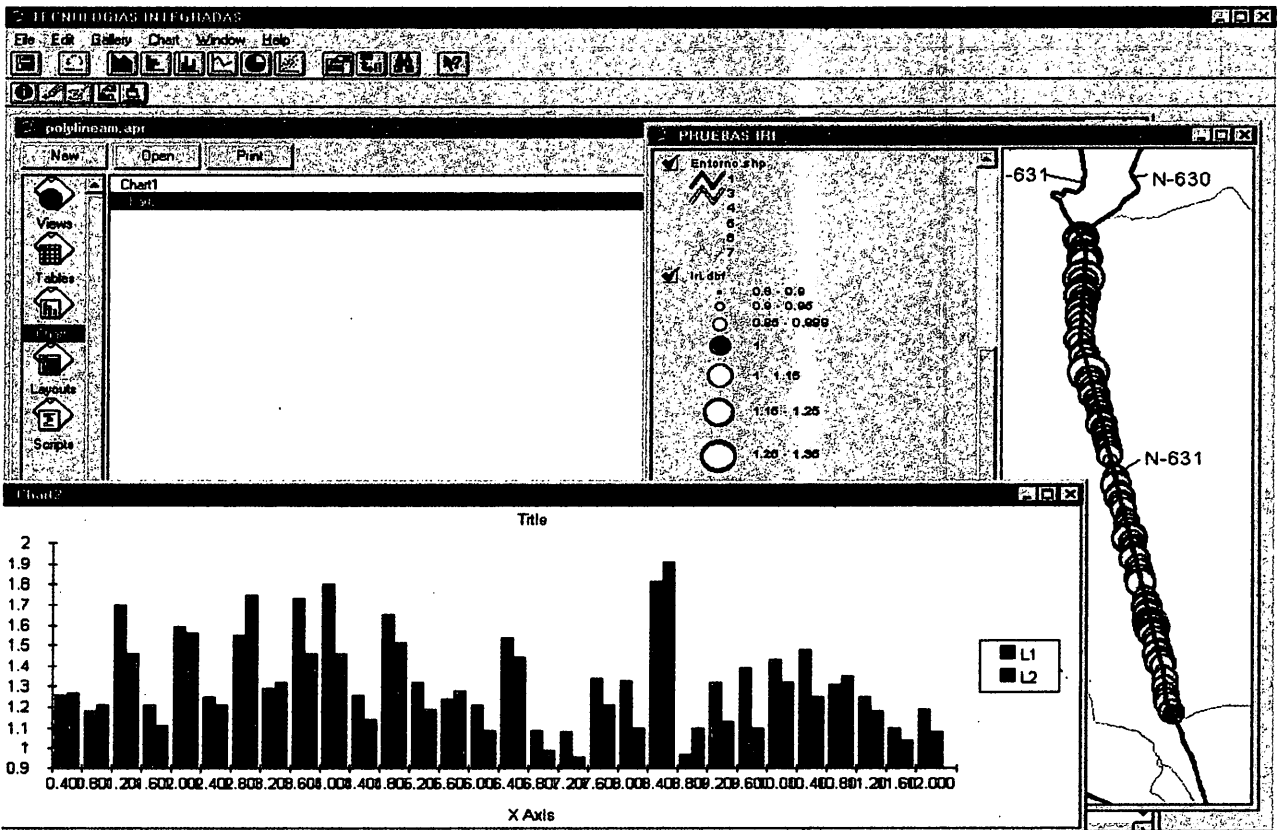
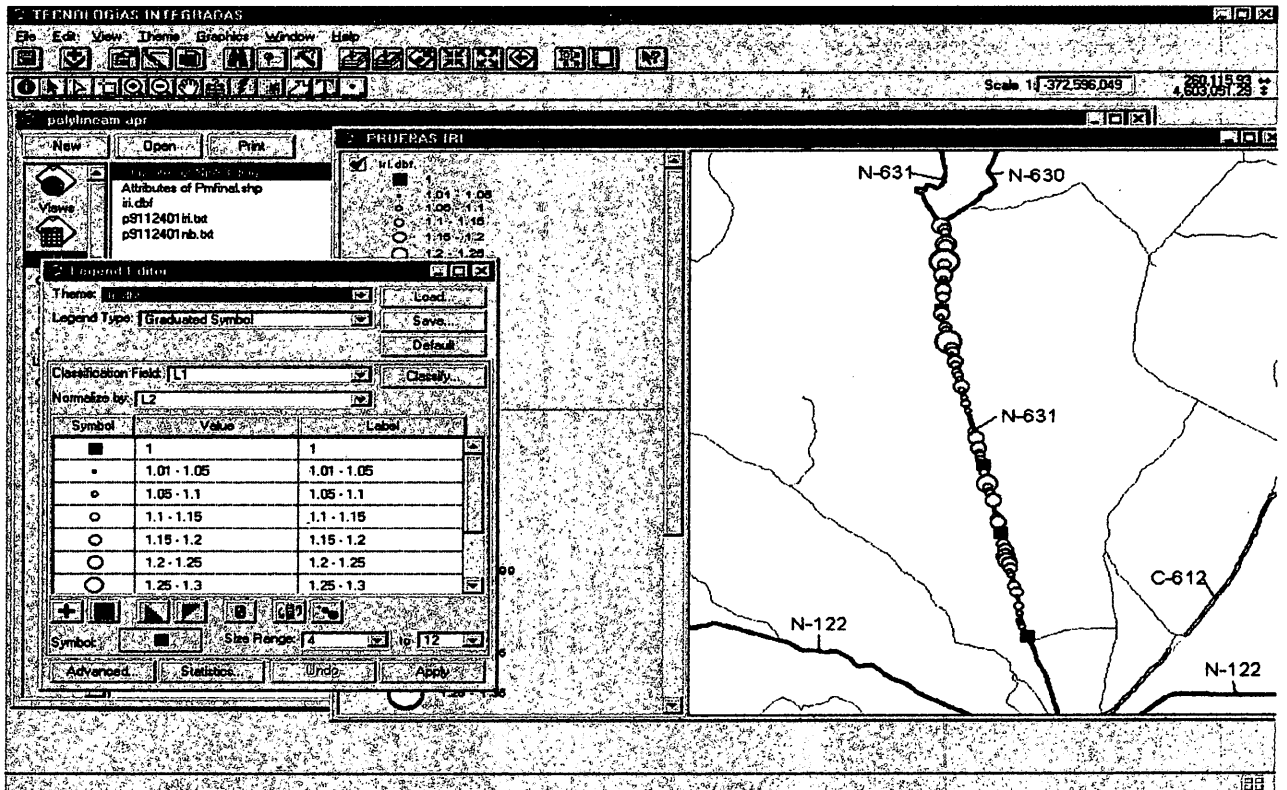


Fig. 5: Ejemplos de mapas temáticos

representación los valores por encima de la media, análisis de elementos negativos, mapas temáticos, etc.

Difusión y divulgación de resultados

La utilización de los GIS permite la publicación digital de los datos de auscultación de firmes, de marcas viales, de campañas de sondeos, etc. en CD-ROM.

Esta idea surge con la necesidad de incorporar las nuevas tecnologías de la información a la ingeniería civil con objeto de facilitar la información al máximo número de usuarios implicados en la gestión y planificación de las carreteras bajo una aplicación ÚNICA, a bajo costo y de forma amigable, multimedia y visual.

Otras tecnologías

El empleo de otras nuevas tecnologías como los modelos digitales del terreno, de imágenes por satélite puede ser formas no sólo espectaculares de presentación de resultados, sino herramientas de proyecto (pe: visualización de la traza de una carretera encajada en su entorno...)

Los **Modelos Digitales de Elevaciones** o del Terreno (MDE o MDT) son estructuras numéricas de datos que representan una distribución espacial de altitudes del territorio. Sus aplicaciones en el mundo de los Sistemas de Información Geográfica, ingeniería, arquitectura y simulación son muy variadas, siendo una herramienta fundamental de consulta y análisis territorial.

Como todo modelo, es una representación simplificada de una porción de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades.

Los MDE se pueden obtener mediante diferentes técnicas: Digitalización, restitución, topografía, Satélites, Altimetría, Radargrametría. En un futuro próximo la cartografía de un GIS puede ser tridimensional.

A partir de un MDE y de una imagen ráster (aérea, satélite, vectorial), existen programas informáticos que permiten hacer los llamados **vuelos virtuales**. Se pueden generar videos de simulaciones para visualizarlos en el ordenador.

Uno de los mayores problemas de un GIS es su actualización, ya que es caro, difícil y lento obtener la información en campo e introducirla posteriormente en oficina en el GIS. Para facilitar estos procesos ha aparecido el **GIS móvil**. Es un GIS convencional unido a la tecnología DGPS. Con ello se consigue una actualización en tiempo real en campo al tener información continua sobre la posición del operador en el mismo momento de efectuar un inventariado.

El desarrollo de la **tecnología cartográfica de Internet** (GIS en Internet) está haciendo que las Administraciones estén comprando esta tecnología y vayan a poner a disposición del público sus conjuntos de información geoespacial a través de la Web. Se podrá así acceder a información catastral, de redes de carreteras, de redes de abastecimiento, etc. Se van a imponer 3 modelos: acceso gratuito, pago por consulta ("pay per view") y pago por volumen de información ("pay per bit").

De todos modos, como ante toda nueva tecnología, conviene ser cautos y modestos en la amplitud de implantación. Es necesario un periodo de adaptación y una formación específica. Posteriormente se podrán abordar objetivos más ambiciosos. ■