

# IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS EN GUATEMALA

Delfino Mendoza<sup>1</sup>, Gabriel Berditchevsky<sup>2</sup>, Miguel Mendoza<sup>2</sup>, Enrique Lara<sup>2</sup>

## RESUMEN

En la actualidad, diversos sistemas de administración o gestión de carreteras se encuentran en uso o son implementados en las distintas agencias de carreteras. Es del conocimiento de todos, que estos sistemas generalmente cuentan con bases de datos y procesos evaluativos similares, los cuales se fundamentan en la veracidad, en la objetividad, y en la unificación de criterios con la cual se recolectaron y evaluaron los datos de campo. Los sistemas dirigidos a la gestión de carreteras pavimentadas han incorporado en los últimos años la recolección de datos mediante sistemas de evaluación automática de alto rendimiento (por ej., deflexiones con FWD, rugosidades con sistemas RSP, ahuellamiento con equipos láser y otros), sin embargo, el levantamiento de datos en redes no pavimentadas ha quedado rezagado con relación a la implementación de nuevas metodologías.

Tomando en consideración que en los países en vías de desarrollo, las carreteras no pavimentadas representan el mayor porcentaje del total de la red, y que en el caso particular de Guatemala dan atención a aproximadamente el 50% de la población; el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI), a través de la Dirección General de Caminos (DGC), inició el proceso de implementar un sistema de Gestión de Caminos No Pavimentados confiable, con los siguientes objetivos principales: a) que incluya un inventario físico objetivo de los caminos, b) que verifique la ubicación geodésica de los caminos, c) que revise sus longitudes, d) que genere a través del sistema las necesidades anuales con respecto a actividades y cantidades de obras de mantenimiento, e) que identifique los sitios potenciales de riesgo y facilite la definición de soluciones para el manejo de los mismos en caso de la ocurrencia de desastres naturales.

En el trabajo que se presenta a continuación, se muestra un proyecto desarrollado con el objetivo de satisfacer las metas planteadas, el cual utilizó metodologías innovadoras para el inventario de campo y el procesamiento de datos en gabinete.

**Descriptor: GESTION VIAL. CAMINO VECINAL. GUATEMALA.**

## INTRODUCCION

Guatemala guarda una relación de 6 kilómetros de caminos no pavimentados por cada kilómetro de caminos pavimentados. Los caminos no pavimentados, que incluyen carreteras de balasto y de tierra abarcan aproximadamente 20,000 kilómetros, de los cuales 9,000 pertenecen al sistema de mantenimiento público/privado (caminos “registrados”); y el resto, no tiene una entidad de mantenimiento responsable.

Gran parte de estos caminos, está localizada de 4 a 18 horas de manejo desde la Ciudad Capital, haciéndolos de muy difícil acceso. En general, los caminos no cuentan con

sistemas de drenaje apropiados, o los mismos se encuentran en malas condiciones, haciéndolos muy vulnerables a los fenómenos naturales. En este sentido, la época lluviosa en Guatemala tiene una duración aproximada de 6 meses, llegando los niveles de precipitación en algunas zonas a 4,000 mm/año. Además, Guatemala está ubicado en una zona de alto riesgo sísmico y de huracanes, donde en los últimos años la ocurrencia del Huracán Mitch dejó graves secuelas de su paso en la infraestructura vial.

El mantenimiento de los caminos “registrados”, se efectúa a través de la DGC y de la Unidad de Mantenimiento por Contrato (COVIAL). La planificación del mantenimiento de los caminos, se efectuaba mediante el llenado manual de formatos de evaluación, y con base en la experiencia de los evaluadores. Estos evaluadores, son diferentes en cada región y generalmente no perduran en esa función a lo largo de los años, lo cual repercute en la confiabilidad de los datos que se recaban en campo.

Por otra parte, específicamente para el caso de caminos rurales, los programas de gestión de mantenimiento que se consiguen en el mercado mantienen formatos de recolección de datos manuales que son empleados mediante metodologías de inventario similares a las que se utilizaban en Guatemala.

Para dar respuestas a los objetivos fijados por el MICIVI-DGC, se implementó un sistema de inventario utilizando metodologías existentes, pero con aplicaciones específicas para el proyecto de los caminos rurales, con el fin de contar con datos de campo fidedignos y con evaluaciones en gabinete imparciales. Además, se direccionaron los esfuerzos para desarrollar una aplicación de cómputo de fácil acceso y manejo, que permita el análisis de diversas alternativas tanto a nivel de la programación, planificación, ejecución y control del mantenimiento, como también del manejo de zonas de riesgo.

Cabe mencionar que el primer esfuerzo efectuado en el inventario de los caminos “registrados” fue financiado a través del Banco Interamericano de Desarrollo, y abarcó aproximadamente 9.100 Kms. En una segunda etapa, se efectuó el inventario de los caminos “no registrados” llegando a inventariar aproximadamente 10.300 Kms. Esta etapa

fue financiada por el Banco Mundial. En forma complementaria, con fondos nacionales se inventariaron los puentes sobre la red vial pavimentada, los cuales sumaron 840. Como parte de esta última tarea, la empresa consultora efectuó el geoposicionamiento de las carreteras pavimentadas para poder contar con la cobertura total de la red de carreteras de Guatemala en formato digital.

## **INVENTARIO DE CAMPO**

El inventario de campo fue fílmico y se desarrolló mediante el uso de cámaras de filmación de vídeo. La información fílmica fue acompañada con los datos de grabación del técnico de campo, el cual complementó la base visual con aspectos particulares de las vías que escapan a la información filmada; como por ejemplo, las dimensiones físicas de la vía inventariada, el ancho de la calzada, las medidas características de los drenajes (alcantarillas, bóvedas, etc.), y aspectos del derecho de vía.

La filmación fue acompañada con la recolección de las coordenadas geodésicas que marcaron la ubicación física del camino, las cuales se levantaron mediante receptores globales de geoposicionamiento (GPS), del tipo Magellan ProMark X GPS. Con esta herramienta, se ubicó cada camino dentro del mapa vial a razón de una posición por segundo. La recolección de las coordenadas geodésicas se efectuaron en forma sincronizada con la filmación, de manera de que cada dato visual estuviera ligado a su correspondiente lugar físico dentro del mapa vial de la República; y poder así construir la base de datos alfanumérica y visual dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Cabe mencionar, que cada obra de arte (puente, alcantarilla, muro, etc.) se localiza en forma particular mediante coordenadas fijas identificadas dentro del levantamiento de las posiciones geodésicas de la carreteras en el mapa vial, así como también las localidades humanas ubicadas en los trayectos.

Las brigadas de campo fueron conformadas por dos técnicos (el que efectuaba la filmación, y el encargado de la narración y de la utilización del GPS), un ayudante encargado de efectuar las mediciones físicas del ancho de la calzada y los drenajes, y un

chofer. El vehículo se equipó con una filmadora, un GPS, una computadora portátil, y cintas métricas.

El promedio de longitudes de los tramos carreteros inventariados por día fue de 50 Kms.

### **INGRESO DE DATOS EN GABINETE**

Una vez obtenida la información física de los caminos a través de su filmación, en gabinete se procesó la misma mediante la visualización de los caminos en televisores individuales y se escucharon los comentarios narrados mediante audífonos.

El Sistema Integral de la Administración del Mantenimiento Vial (SIAMV), implementado para conformar la Base de datos del inventario y efectuar el procesamiento de los mismos, ha sido desarrollado por la firma THE Louis Berger Group, INC., y posee más de diez años de experiencia en Latinoamérica. Durante ese período, el programa se ha ido calibrando y ajustando, para mejorar su eficiencia de acuerdo a las condiciones particulares de cada país.

El proceso de almacenamiento de datos y clasificación de los tramos carreteros, requiere que cada camino sea segmentado en secciones de condiciones físicas similares (por ejemplo, ancho del camino, condición de la calzada, existencia de cunetas y canales, pendiente longitudinal de la sección, composición de la superficie de rodadura, velocidad promedio de manejo, presencia de señales, y otros). Esta segmentación se efectúa basándose en las imágenes y el análisis del audio de las grabaciones de vídeo. Como consecuencia de ello, cada camino fue dividido en secciones que iban de 200 a 500 metros de largo.

La base de datos que fue alimentada en oficina, incluyó, principalmente, la siguiente información: Descripción de la carretera y del tramo, estado de condición del camino, descripción del tipo y estado de condición de los componentes del derecho de vía, recomendaciones para los trabajos de mantenimiento, y valoración del riesgo.

Por otra parte, el trabajo en gabinete incluyó la generación de las topologías en ARCVIEW del Sistema de Información Geográfica (SIG), la digitalización de las cintas de video, el establecimiento de las relaciones entre el SIG (a través del plano de la red vial de la República) y la base de datos alfanumérica y fílmica del sistema de gestión.

El trabajo de ingreso de datos se efectuó bajo la constante supervisión de un ingeniero vial, con el fin de que los datos ingresado en cada módulo de captura en el cual se ubican los técnicos, sea bajo un criterio unificado, de manera que se minimiza la subjetividad de los datos que se ingresan.

### **PROCESAMIENTO DE DATOS**

El sistema implementado procesa la información recolectada, definiendo para cada sección determinada un Índice de Estado (IE) en función de la velocidad de manejo promedio, la topografía del terreno, el tipo y la extensión del deterioro de la capa de rodadura, y la sugerencia de los trabajos de mantenimiento. El valor del IE es 0 para la peor condición posible y 100 para la mejor. En función del IE se define el nivel de serviciabilidad de la vía, que enmarca en cierta medida su comodidad de manejo. Este, está determinado por Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo y Muy Malo. Una vez obtenido el Índice de Estado, y considerando las variables que genera el mismo, el sistema define la alternativa de mantenimiento rutinario y periódico recomendado para cada sección en particular. En este sentido, las actividades de mantenimiento abarcan el derecho de vía, los sistemas de drenaje, las señales viales, los puentes, la atención de derrumbes, los muros de contención, las defensas metálicas y por supuesto la calzada de rodadura.

Por último, el sistema prioriza los trabajos de mantenimiento en función de: a) Tipo de carretera (Ruta Centroamericana, Nacional, Departamental o Rural), b) El ancho de la carretera (de menor a mayor), c) El tráfico promedio diario anual (de mayor a menor), d) El Índice de Estado, de menor a mayor; y e) La longitud del tramo (de mayor a menor). Esta priorización es flexible, y el sistema cuenta con ventanas de opciones para que el proceso

de priorización pueda abarcar aspectos sociales como: índice de pobreza, intransitabilidad, población servida, productividad potencial de la zona, número de accidentes ocurridos al año, zona de influencia del camino. Como resultado, se obtiene el presupuesto anual necesario, o en caso de poseer un presupuesto fijo, se distribuye de acuerdo al modelo de priorización; presentando los costos para cada proyecto, la actividad recomendada, sus cantidades de obra y las normas de ejecución.

Cabe mencionar, que el sistema posee un módulo para la integración de los costos unitarios de las actividades de mantenimiento. En Guatemala, existen 14 zonas viales distribuidas en todo el país, por lo que debido a las diferentes condiciones hidrológicas y orográficas de cada área, los costos de las actividades varían para cada zona. El sistema toma en cuenta esta particularidad para dimensionar el presupuesto de mantenimiento por zona y el total para todo el país.

### **MANEJO DE LA INFORMACION INVENTARIADA Y PROCESADA**

Por medio de la información recabada a través de los sistemas GPSs, se procedió a actualizar los planos viales del país. En algunos casos, se ubicaron caminos inexistentes en los planos carreteros del país, y en otros se rectificó la ubicación geofísica de los mismos. Esto, se realizó por medio de la implementación de un Sistema de Información Geográfico (SIG), al cual se le relacionó todos los datos alfanuméricos y visuales.

El SIG, permite visualizar los datos ingresados y además, efectuar un recorrido virtual de la carretera, a través de la ejecución de los archivos de filmación de cada tramo inventariado. Con esto, se puede modelar un viaje por cada tramo carretero, y visualizar las condiciones de la carretera en sí como también las obras de arte a lo largo de la misma.

Usando el GIS, se ubicaron los sitios identificados en campo con historiales de deslizamientos e inundaciones. Con esto, y la ubicación de los puentes a lo largo de las carreteras, se pueden tomar acciones preventivas para minimizar riesgos. Además, en caso

de la ocurrencia de desastres naturales, el programa identifica las rutas más cortas y mejor conservadas para la comunicación entre distintos sitios.

### COMENTARIOS FINALES

El proyecto desarrollado para la implementación de un sistema de gestión de caminos no pavimentados, combina el uso de GPSs y video filmadoras para la recolección de la información y la creación de una base de datos.

La aplicación de tecnologías innovadoras en el proyecto de caminos rurales tuvo los siguientes beneficios:

- 1) Los datos ingresados en el sistema fueron reales, pudiéndose aclarar interrogantes y corroborar la información dudosa, a través de la inspección repetitiva de las filmaciones;
- 2) La filmación del inventario ayuda a reducir el tiempo de la recolección de la información, alcanzado rendimientos de 50 kilómetros por día por brigada;
- 3) Se tuvo un control continuo de la calidad de los datos inventariados, al poder visualizar los mismos, y establecer el lugar físico exacto donde fueron levantados.
- 4) El ingreso de datos y la evaluación de los mismos, se efectuó sobre criterios unificados, ya que los mismos se realizaron en gabinete bajo una estricta supervisión técnica.
- 5) Los datos inventariados fueron fácilmente ubicados en el espacio geofísico del país, al estar relacionados con la base de datos de los GPSs.
- 6) Se pudo construir una base de datos visual de las carreteras, que no solo sirve como base de conocimiento de las mismas para la toma de decisiones, sino que también puede ser usada como herramienta para el control de calidad de los trabajos de campo, y además sirve como registro histórico del estado de condición de las vías.
- 7) Se actualizaron los mapas viales del país.
- 8) Se identificaron sitios de riesgo potencial, para que se tomen medidas preventivas; y en caso de la ocurrencia de desastres naturales, el sistema pueda informar sobre las rutas alternas más convenientes para salvar los lugares afectados.

- 9) El sistema fue utilizado exitosamente para dimensionar y planificar las actividades de mantenimiento del año 2001, y que actualmente se están ejecutando.

Además de lo expuesto, y con vistas a garantizar la sostenibilidad del sistema al largo plazo, la estructura del mismo permite que con una rápida y sencilla capacitación, el personal técnico que se incorpore en el futuro pueda fácilmente manejar el inventario físico de campo y el ingreso de la información en gabinete. La filmación de los caminos, permite hacer evaluaciones reiteradas de los tramos con el fin de corroborar los datos y además sirve como elemento de capacitación para los nuevos evaluadores. Para tal efecto, se elaboraron manuales e instructivos sencillos que conjuntamente con el equipo instalado asegura el funcionamiento del sistema con un mínimo de inversión bajo los criterios definidos en el proyecto.

Además, de las ventajas técnicas anteriormente mencionadas, el uso de estos sistemas juega un papel importante para el desarrollo socioeconómico de comunidades sociales marginales. Guatemala, en donde la mayor parte de caminos son no pavimentados y donde la mayoría de la población habita en áreas rurales, el inventario filmado da la oportunidad a las autoridades para conocer áreas relegadas donde la inversión en caminos, para el desarrollo socioeconómica de las mismas, es indispensable. Además, sirve como un respaldo confiable para solicitar fondos que permitan la posibilidad de desarrollo y una mejor calidad de vida. Para la administración actual, la cual tiene objetivos de inversión en proyectos del área rural (agua, educación, electricidad, teléfono, salud, etc.), el Sistema de Gestión de Caminos No Pavimentados permite la planificación integral para el desarrollo local y regional del país, permitiendo determinar las mejores rutas de desarrollo, a través de la visualización de los limitantes físicos y de las comunidades beneficiadas a lo largo de los caminos; combinado con el análisis técnico-económico-social y ambiental de las mismas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen la colaboración y el apoyo brindado por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, y la Dirección General de Caminos de

Guatemala al proyecto. También, se reconoce el esfuerzo del personal técnico de la DGC y de TLBG en el desarrollo del trabajo. Un agradecimiento especial al Banco Interamericano de Desarrollo y al Banco Mundial por su apoyo al proyecto.

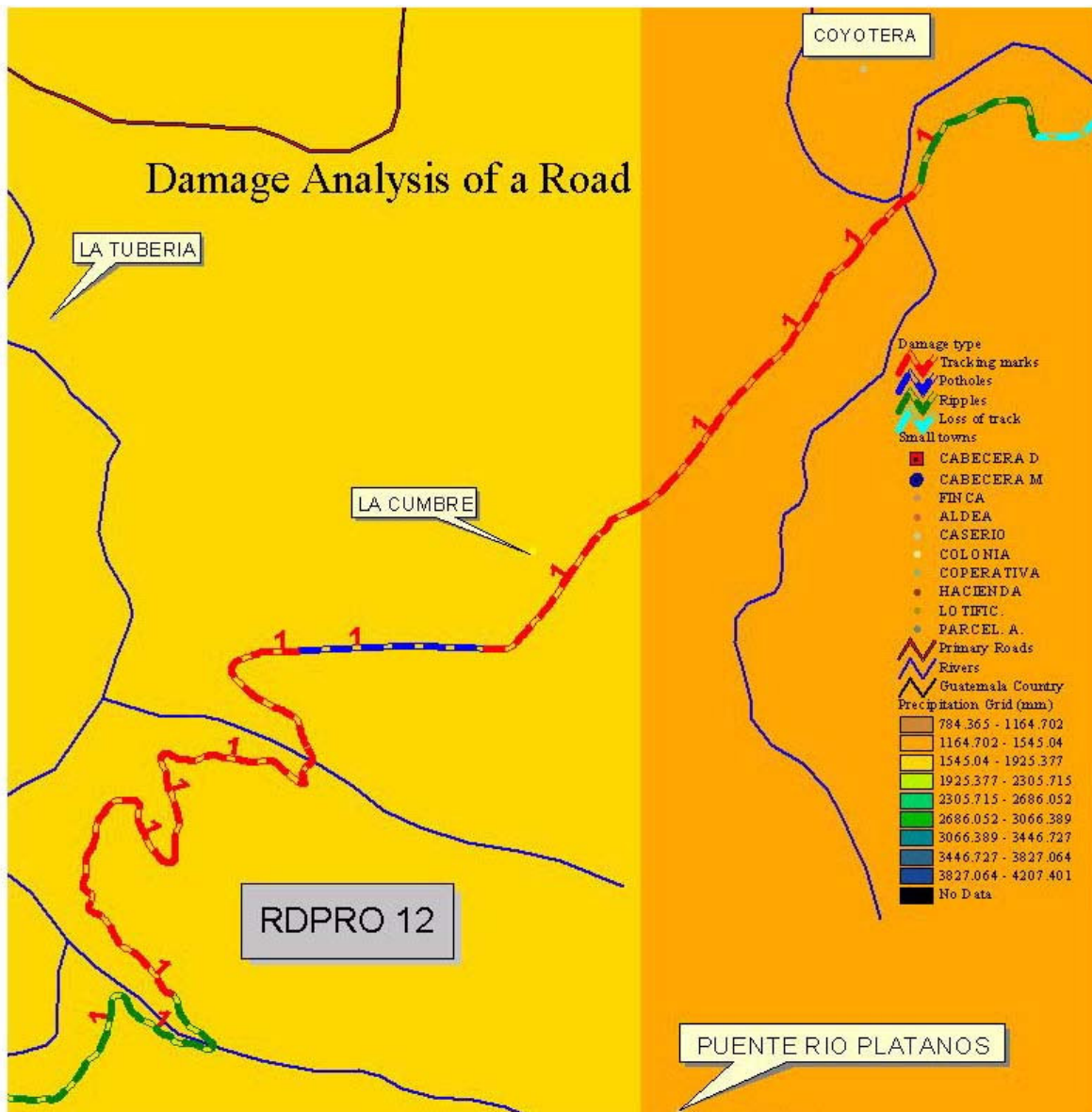


Figura 1: Ejemplo del análisis del tipo de daño característico en las secciones de una carretera.

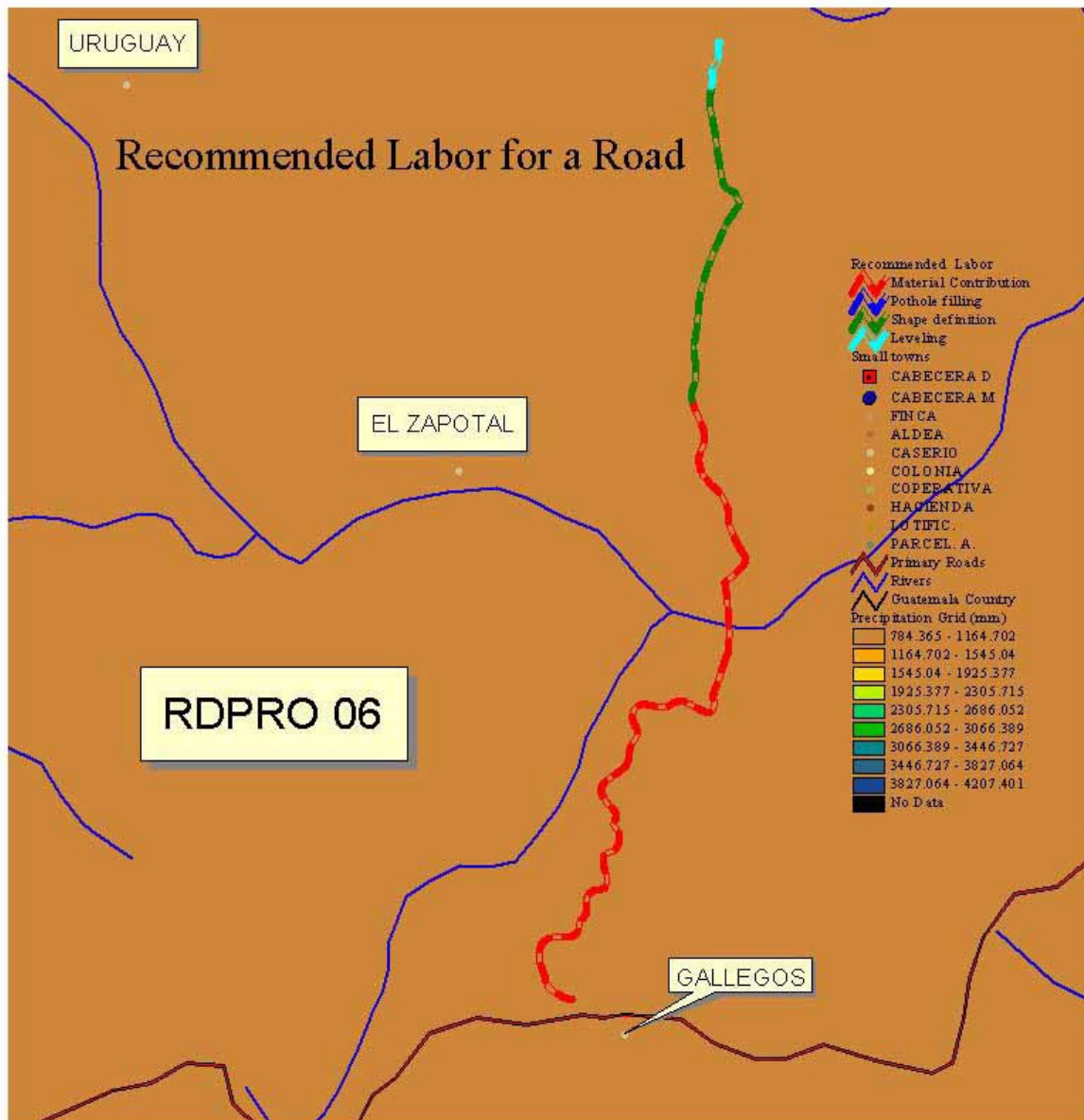


Figura 2: Ejemplo del análisis de las alternativas de mantenimiento recomendadas por el sistema.



Figura 3: Ejemplo del análisis de las velocidades promedio de manejo en secciones de un tramo carretero.

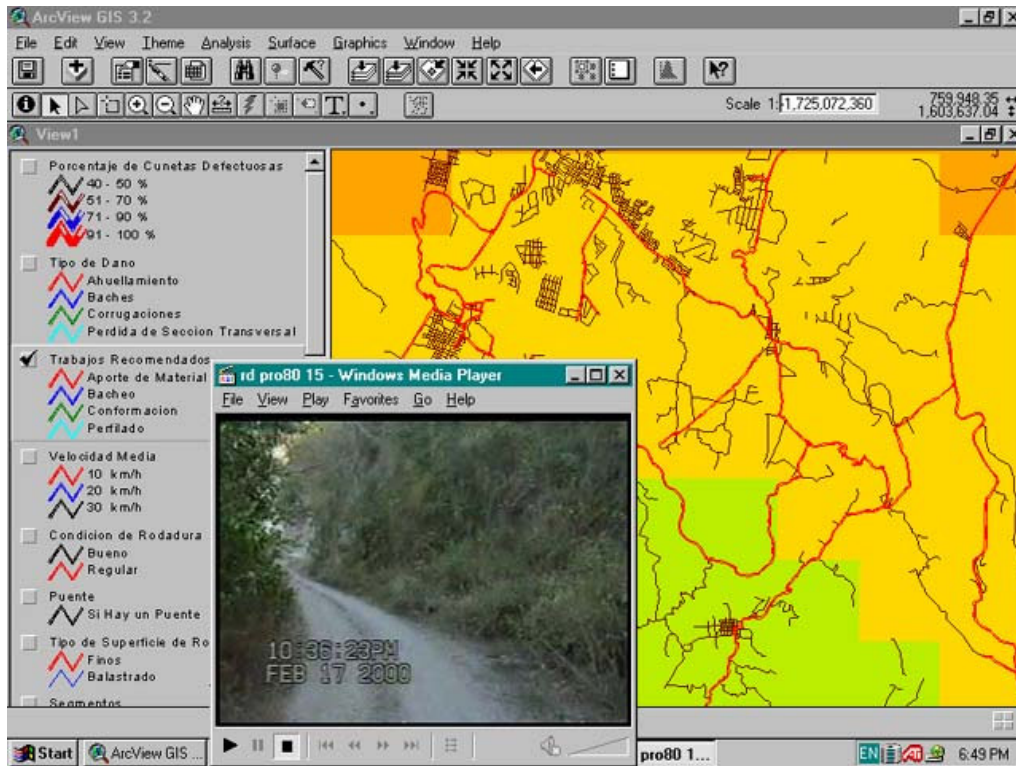


Figura 4: Ejemplo del recorrido de una carretera desde la pantalla.

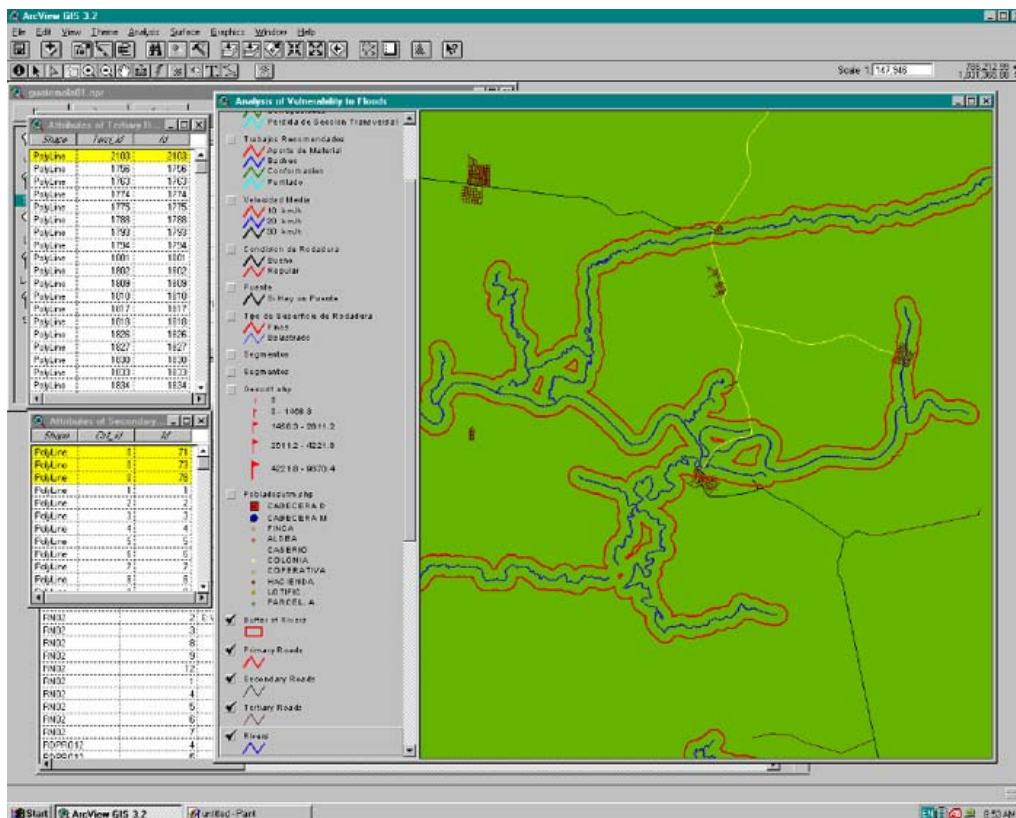


Figura 5: Ejemplo del análisis de una afectación por inundación a tramos carreteros.

<sup>1</sup> Coordinador de Financiamiento Externo de la DGC, <sup>2</sup> THE Louis Berger Group, INC.  
Dirección General de Caminos, 7<sup>a</sup>. Avenida y 10<sup>a</sup>. Calle, Zona 13, Finca La Aurora,  
tel./fax.: +502-440 0780/ 81/ 74, Ciudad de Guatemala, Guatemala, C.A.  
THE Louis Berger Group, INC., 1819 H St., NW, Suite #900, Tel.: +001-202-331 7775,  
Fax.: +001-202-293 0787, [www.louisberger.com](http://www.louisberger.com), Washington, DC, 20006, USA